



**Monitorização e medidas de gestão de Auchenorrhyncha em  
pomares de prunóideas na Beira Interior: estudo de caso de  
*Asymmetrasca decedens***

Vera Lúcia Duarte Guerreiro

**Mestrado em Ecologia e Gestão Ambiental**

Dissertação orientada por:  
Professora Maria Teresa Rebelo (FCUL)

## Agradecimentos

- ♥ à Professora Teresa Rebelo pela orientação, disponibilidade e ajuda na identificação de exemplares e na construção do presente documento;
- ♥ à Mestre e Amiga Carina Neto pela ajuda na identificação dos insectos, na análise estatística e por toda a paciência ao longo deste ano;
- ♥ a Joaquim Martins Duarte & Filhos, Lda por ter permitido a colocação das placas nos seus pomares para a amostragem e construção do presente trabalho e pela visita aos seus pomares;
- ♥ à Engenheira Anabela Barateiro pela recolha e envio das amostras; disponibilização de informação dos pomares e dados meteorológicos da região; e pela visita guiada aos pomares;
- ♥ ao Professor José Pereira Coutinho pelo envio das amostras, pela visita aos pomares e disponibilização de fotografias e informação;
- ♥ à Unidade de Microscopia da FCUL que faz parte da Plataforma Portuguesa de Bioimaging (PPBI-POCI-01-0145-FEDER-022122) por ter disponibilizado o equipamento necessário para aquisição de imagens dos insectos;
- ♥ aos meus pais, o agradecimento que merecem por todo o apoio;
- ♥ ao meu namorado, o apoio incondicional e a paciência;
- ♥ às minhas amigas Ganna Popova e Marta Fonseca pela partilha desta fase académica.

## Resumo

*Asymmetrasca decedens* (Paoli) é uma cigarrinha-verde considerada como praga em prunóideas, na região Mediterrânica, pelas lesões provocadas através da alimentação, podendo transmitir fitoplasmas. A resistência a alguns insecticidas é conhecida e a sua fenologia variável, dependendo o número de gerações anuais do clima regional. Em 2013, *A. decedens* foi detectada em pomares de pessegueiros da Beira Interior (Portugal), onde tem provocado danos nos últimos anos. Entre os inimigos do pessegueiro, encontra-se também *Xylella fastidiosa* Wells *et al.*, bactéria fitopatogénica transmitida por insectos detectada recentemente em Portugal. Procurou-se conhecer a fenologia de *A. decedens* em pomares de pessegueiros da Beira Interior, avaliando o efeito das condições ambientais na sua abundância e discutindo possíveis medidas de gestão e caracterizar a comunidade de Auchenorrhyncha, identificando potenciais vectores de *X. fastidiosa*. Entre as 33 espécies de Auchenorrhyncha identificadas, *Philaenus spumarius* (Linnaeus), *Cicadella viridis* (Linnaeus) e *Cercopis intermedia* Kirschbaum são potenciais vectores de *X. fastidiosa*. Registou-se, pela primeira vez em Portugal Continental, a ocorrência de *Sophonia orientalis* (Matsumura), uma espécie invasora no Hawaii. As espécies dominantes e mais frequentes foram *A. decedens* (em maior densidade) e *Empoasca solani* (Curtis). *Empoasca solani* colonizou inicialmente os pomares, ocorrendo ao longo do período de amostragem, e atingiu o seu máximo populacional a 29 de Junho de 2018. Pouco depois, seguiu-se o aparecimento regular de *A. decedens*, que até 15 de Junho ocorreu pontualmente, concentrando-se 87% das capturas entre 3 de Agosto e 14 de Setembro, data em que atingiu o seu máximo populacional. A determinação das dinâmicas populacionais das cigarrinhas verdes permitiu confirmar a associação de *A. decedens* aos danos observados nos pessegueiros e identificar os períodos óptimos para a aplicação de insecticidas no controlo dos adultos. A presença de vectores competentes de *X. fastidiosa* confirma o risco de disseminação natural da bactéria nos pomares, caso se expanda para a região.

**Palavras-chave:** *Empoasca*; Fenologia; Gestão integrada de pragas; Pessegueiro; *Xylella fastidiosa*.

## Abstract

*Asymmetrasca decedens* (Paoli) is a polyphagous leafhopper, mainly distributed in Mediterranean region, where it is regarded as a pest of stone fruits, due to damage caused through feeding or its role as a vector of phytoplasma-associated diseases. In 2013, *A. decedens* was detected in Beira Interior (Portugal), causing damage in peach orchards. Being resistant to several pesticides, it is essential to understand *A. decedens* ecology and local population dynamics to develop adapted management measures. Peach trees are also susceptible hosts to *Xylella fastidiosa* Wells *et al.*, an emergent phytopathogenic bacterium in Europe, recently detected in Portugal, which is naturally transmitted by xylem-feeding insects. The population dynamics of *A. decedens* in peach orchards of Beira Interior and the influence of some environmental factors were studied as well as the remaining Auchenorrhyncha community for the identification of potential vectors of *X. fastidiosa*. Three potential vectors of *X. fastidiosa*, *Philaenus spumarius* (Linnaeus), *Cicadella viridis* (Linnaeus) and *Cercopis intermedia* Kirschbaum were collected among 33 Auchenorrhyncha identified species. *Sophonia orientalis* (Matsumura), a known pest in Hawaii, was detected for the first time in mainland Portugal. *Asymmetrasca decedens* and *Empoasca solani* (Curtis) were the dominant and most frequent collected species. *Empoasca solani* was the first to colonize the orchards, but occurred throughout all sampling period, reaching its highest abundance on 29 June 2018. *Asymmetrasca decedens* started to occur regularly around 15 June, but 87% of collected individuals were captured between 3 August and 14 September, when the species reached a population peak. Analysis of green leafhoppers population dynamics confirmed the association of *A. decedens* to observed damage in peach trees and allowed the identification of the best periods for adult chemical control. The presence of two confirmed vectors of *X. fastidiosa* shows there is a real risk of natural disease spread, if the bacterium expands to the region.

**Key-words:** *Empoasca*; Integrated pest management; Peach; Phenology; *Xylella fastidiosa*.

- O trabalho apresentado nesta dissertação foi desenvolvido no âmbito do "Grupo Operacional PrunusFito" (PDR2020-101-031707).

- Parte dos dados obtidos foram divulgados à comunidade científica:

Neto AC, Guerreiro V, Nascimento P e Rebelo MT (2019). Protecção das Prunóideas: cigarrinhas verdes (e outros Auchenorrhyncha). *II Jornadas Técnicas das Prunóideas*, UBI-Covilhã, 20Nov.

Neto AC, Mateus C, de Andrade E, Barateiro A, Bigolin M, Chaves M, Guerreiro V, Pereira F, Soares C, Tomé D, Coutinho JP, Franco JC, Rebelo MT (submetido). First record of *Sophonia orientalis* in mainland Portugal, an invasive leafhopper and eventual potential vector of *Xylella fastidiosa*. [Manuscrito submetido para publicação ao *Journal of Pest Science*]

- A autora escreve de acordo com o antigo Acordo Ortográfico.

# Índice

Agradecimentos.....	i
Resumo.....	ii
Abstract .....	iii
Lista de tabelas.....	vii
Lista de figuras.....	ix
1. Introdução .....	11
1.1. Inimigos das culturas .....	11
1.2. Morfologia e distribuição de <i>Asymmetrasca decedens</i> .....	12
1.3. Fenologia.....	13
1.3.1. Ciclo de vida.....	13
1.3.2. Alimentação e danos associados .....	14
1.3.3. Transmissão de fitoplasmas.....	15
1.4. Controlo de <i>Asymmetrasca decedens</i> .....	16
1.5. Pessegueiro e sua importância económica .....	17
1.6. Objectivos .....	18
2. Material e Métodos .....	19
2.1. Caracterização dos pomares.....	19
2.2. Recolha de exemplares.....	21
2.3. Triagem dos indivíduos.....	22
2.4. Identificação do grupo Auchenorrhyncha .....	22
2.5. Análise de dados .....	23
2.5.1. Comunidade de Auchenorrhyncha .....	23
2.5.1.1 Abundância, dominância e frequência .....	23
2.5.1.2 Curvas de acumulação e rarefacção de espécies .....	24
2.5.1.3 Estimativa da riqueza específica .....	24
2.5.2. Relação de variáveis climáticas e população de cigarrinhas verdes.....	25
3. Resultados e Discussão .....	26
3.1. Comunidade de Auchenorrhyncha presente.....	26
3.2. Evolução de Auchenorrhyncha .....	31
3.3. Relação de variáveis climáticas e população de cigarrinhas verdes .....	34
3.4. Medidas de gestão .....	41
4. Conclusões .....	45
5. Referências bibliográficas .....	47
Anexo A - Fontes de informação geográfica.....	55
Anexo B - Dados meteorológicos e análise de correlação cruzada.....	56

Anexo C - Imagens de adultos e da genitália masculina .....	59
Anexo D - Abundância de Auchenorrhyncha .....	63
Anexo E - Teste de Wilcoxon .....	64

## Lista de tabelas

<b>Tabela 2.1</b> - Cultivares existentes nos pomares Póvoa de Atalaia (PA) e Louriçal do Campo (LC) com a respectiva época de reprodução. ....	20
<b>Tabela 2.2</b> - Modo de agregação semanal de dados meteorológicos diários com abreviatura das diferentes variáveis. ....	25
<b>Tabela 3.1</b> - Abundância, dominância e frequência de Auchenorrhyncha colectados no pomar Louriçal do Campo em Castelo Branco. N: Abundância, número de indivíduos capturados; D (%): Dominância, proporção da abundância de uma espécie em relação à abundância de todas as espécies; F (%): Frequência, proporção de datas em que uma espécie foi encontrada. ....	26
<b>Tabela 3.2</b> - Abundância, dominância e frequência de Auchenorrhyncha colectados no pomar Póvoa de Atalaia em Castelo Branco. N: Abundância, número de indivíduos capturados; D (%): Dominância, proporção da abundância de uma espécie em relação à abundância de todas as espécies; F (%): Frequência, proporção de datas em que uma espécie foi encontrada. ....	27
<b>Tabela 3.3</b> – Estimativa da riqueza específica de Auchenorrhyncha nos dois pomares amostrados de acordo com três estimadores (Chao 2, Jackknife 1 e Jackknife 2) baseados em dados de incidência. .	30
<b>Tabela 3.4</b> - <i>Lags</i> correspondentes aos valores máximos em módulo dos coeficientes de correlação de Pearson significativamente diferentes de zero ( $p \leq 0.05$ ) entre a abundância média das espécies dominantes de cigarrinhas verdes (nos pomares LC – Louriçal do Campo; PA – Póvoa de Atalaia; e ambos) e as variáveis climáticas estudadas com <i>lags</i> entre 0 e 7 semanas anteriores (daí o valor negativo do <i>lag</i> ) à amostragem. ....	35
<b>Tabela 3.5</b> - Insectos benéficos para controlo de pragas e toxicidade das substâncias activas azadiractina, deltametrina, imidaclopride, lambda-ciatrolina e tau-fluvalinato. Adaptado de Biobest (2012a,b). ....	43
 <b>Tabela A. 1</b> - Dados adquiridos para a realização dos mapas com as suas respectivas fontes e metadados associados. ....	 55
 <b>Tabela B. 1</b> - Dados meteorológicos da estação Póvoa de Atalaia, desde 11 de Abril a 14 de Setembro do ano 2018, agrupados semanalmente. ....	 56
<b>Tabela B. 2</b> - Coeficientes de correlação de Pearson entre a abundância média de <i>Asymmetrasca decedens</i> (nos pomares Louriçal do Campo, Póvoa de Atalaia e ambos) e as variáveis climáticas estudadas com <i>lags</i> entre 0 e 7 semanas anteriores à amostragem. Valores a <b>negrito</b> correspondem a correlações significativamente diferentes de 0 ( $p \leq 0.05$ ). Valores marcados a <b>cinzento</b> correspondem aos valores das correlações significativas mais fortes dentro de cada variável climática e o respectivo <i>lag</i> . ....	57
<b>Tabela B. 3</b> - Coeficientes de correlação de Pearson entre a abundância média de <i>Empoasca solani</i> (nos pomares Louriçal do Campo, Póvoa de Atalaia e ambos) e as variáveis climáticas estudadas com <i>lags</i> entre 0 e 7 semanas anteriores à amostragem. Valores a <b>negrito</b> correspondem a correlações significativamente diferentes de 0 ( $p \leq 0.05$ ). Valores marcados a <b>cinzento</b> correspondem aos valores das correlações significativas mais fortes dentro de cada variável climática e o respectivo <i>lag</i> . ....	58
 <b>Tabela D. 1</b> - Abundância, dominância e frequência de indivíduos Auchenorrhyncha colectados nos pomares Louriçal do Campo e Póvoa de Atalaia em Castelo Branco. N: Abundância, número de indivíduos capturados; D (%): Dominância, proporção da abundância de uma espécie em relação à abundância de todas as espécies; F (%): Frequência, proporção de datas em que uma espécie foi encontrada. ....	 63



**Tabela E. 1** - Teste de Wilcoxon para a abundância média de espécies dominantes e/ou constantes entre os pomares Póvoa de Atalaia e Louriçal do Campo. Diferença PA-LC: Diferença de abundância média das espécies entre Póvoa de Atalaia (PA) e Louriçal do Campo (LC); n: número de pares de amostras com diferença positiva ou negativa da coluna. .... 64

## Lista de figuras

<b>Figura 1.1</b> - Adulto (A) e genitália do macho (B) de <i>Asymmetrasca decedens</i> . Originais da autora...	12
<b>Figura 1.2</b> - Asa posterior de <i>Asymmetrasca decedens</i> com nervuras anais (A1, A2 e A3), cubitais posterior (CuP) e anterior (CuA), radial (R) e mediana (M) representadas. Adaptado de Dworakowska (1970). ....	12
<b>Figura 1.3</b> - Sintomas do ataque de <i>Asymmetrasca decedens</i> em pomar de pessegueiros (A e C). Folhas enroladas (B) e com aparência de queimada (D). Originais de J. Pereira Coutinho.....	15
<b>Figura 2.1</b> - Localização das freguesias Louriçal do Campo e Póvoa de Atalaia (A e B) onde se encontram os pomares. Localização das armadilhas cromotrópicas utilizadas (1-4) nos pomares Louriçal do Campo (C) e Póvoa de Atalaia (D). ....	19
<b>Figura 2.2</b> - Prática cultural, esquema de poda em verde efectuado nos pomares para as placas 4 de Louriçal do Campo e 3 de Póvoa de Atalaia. Original de Ana Carina Neto .....	22
<b>Figura 3.1</b> - Adultos de <i>Philaenus spumarius</i> (Linnaeus) vista dorsal (A), ventral (B) e genitália do macho (C). Originais da autora. ....	28
<b>Figura 3.2</b> - Genitálias dos machos de <i>Cicadella viridis</i> (Linnaeus) (A) e <i>Cercopis intermedia</i> Kirschbaum (B). Originais da autora.....	29
<b>Figura 3.3</b> - Abundância média de espécies dominantes e/ou constantes com o erro padrão associado nos dois pomares. ....	29
<b>Figura 3.4</b> - Curvas de acumulação e rarefacção de espécies para os dois pomares estudados. <b>A</b> – Curvas de acumulação de espécies com base nas datas de amostragem por ordem cronológica. <b>B</b> – Curvas de rarefacção de espécies baseadas em esforço de amostragem, aqui considerado como a quantidade de datas de amostragem. <b>C</b> – Curvas de rarefacção baseadas no número de indivíduos. Os envelopes correspondem ao intervalo de confiança 95%.....	30
<b>Figura 3.5</b> - Abundância total de Auchenorrhyncha ao longo do período de amostragem para ambos os pomares com os tratamentos fitossanitários aplicados. Imi: imidaclopride; Met: metilclorpirifos; Lam: lambda-ciatrolina. ....	31
<b>Figura 3.6</b> - Abundância média das espécies <i>Asymmetrasca decedens</i> (Paoli) (A) e <i>Empoasca solani</i> (Curtis) (B) ao longo do período de amostragem para ambos os pomares com os tratamentos fitossanitários aplicados. Imi: imidaclopride; Met: metilclorpirifos; Lam: lambda-ciatrolina.....	33
<b>Figura 3.7</b> - Abundância total de <i>Asymmetrasca decedens</i> (Paoli) (A) e <i>Empoasca solani</i> (Curtis) (B) para os pomares Louriçal do Campo (laranja) e Póvoa de Atalaia (azul) e a média para ambos os pomares (preto) e factores climáticos: temperatura (C), humidade relativa (D), radiação média (E), velocidade do vento (F), precipitação total (G), nº de horas de frio total (H) e nº de horas de folha molhada (I). ....	34
<b>Figura 3.8</b> - Correlação entre a população de <i>Asymmetrasca decedens</i> (Paoli) e temperaturas máxima, média e mínima (A-C), humidade relativa máxima, média e mínima (D-F), radiação média (G), velocidade do vento máxima e mínima (H e I), precipitação total (J), número de horas de frio total (K) e de folha molhada (L) para ambos os pomares, Louriçal do Campo (LC) e Póvoa de Atalaia (PA)...	37
<b>Figura 3.9</b> - Correlação entre a população de <i>Empoasca solani</i> (Curtis) e temperaturas máxima, média e mínima (A-C), humidade relativa máxima, média e mínima (D-F), radiação média (G), velocidade do vento máxima e mínima (H e I), precipitação total (J), número de horas de frio total (K) e de folha molhada (L) para ambos os pomares, Louriçal do Campo (LC) e Póvoa de Atalaia (PA). ....	38
<b>Figura 3.10</b> - Distribuição espacial das capturas de <i>Asymmetrasca decedens</i> (Paoli) e <i>Empoasca solani</i> (Curtis) no pomar Louriçal do Campo ao longo da amostragem. ....	39
<b>Figura 3.11</b> - Distribuição espacial das capturas de <i>Asymmetrasca decedens</i> (Paoli) e <i>Empoasca solani</i> (Curtis) no pomar Póvoa de Atalaia ao longo da amostragem. ....	40

<b>Figura C. 1</b> - Adultos de Agallinae com vistas dorsal e ventral: macho (A,B), fêmea (C,D) e genitália (E) de <i>Agallia consobrina</i> ; macho (G,H), fêmea (I,J) e genitália (F) de <i>Anaceratagallia laevis</i> . Originais da autora. ....	59
<b>Figura C. 2</b> - Adultos de Deltocephalinae com vistas dorsal e ventral: macho (A,B), fêmea (C,D) e genitália (E) de <i>Sardius argus</i> ; macho (G,H), fêmea (I,J) e genitália (F) de <i>Euscelidius variegatus</i> . Originais da autora. ....	60
<b>Figura C. 3</b> - Macho com vistas dorsal (A), ventral (B) e lateral (C) e respectiva genitália (D) de <i>Aphrodes makarovi</i> ; Macho com vistas dorsal (E) e ventral (F) e respectiva genitália de <i>Megophthalmus scrabipennis</i> ; e genitálias de <i>Neoliturus fenestratus</i> (H), <i>Laodelphax striatella</i> (I) e <i>Metadelphax propinqua</i> (J). Originais da autora.....	61
<b>Figura C. 4</b> - Genitálias de machos de Typhlocybinae: <i>Arboridia parvula</i> (A); <i>Lindbergina aurovittata</i> (B); <i>Ribautiana cruciata</i> (C); <i>Zygina ordinaria</i> (D); <i>Ribautina debilis</i> , edeago (E) e stylus (F); <i>Zyginidia scutellaris</i> (G); <i>Empoasca solani</i> (H); e <i>Empoasca decipiens</i> (I, J). Originais da autora. ....	62

# 1. Introdução

## 1.1. Inimigos das culturas

Os inimigos das culturas são organismos que podem contribuir para a redução quantitativa e qualitativa da produção de uma cultura agrícola através da sua actividade. Estes podem ser agrupados em pragas, agentes patogénicos e infestantes. As doenças podem ser causadas, por exemplo, por fungos, fitoplasmas e nemátodes, enquanto as infestantes são plantas que se desenvolvem em locais indesejados. As pragas, por sua vez, correspondem a organismos animais vivos como ácaros e insectos (Amaro, 2003). Actualmente, existe uma grande dispersão de pragas e doenças como resultado do comércio internacional, das actividades humanas e das alterações climáticas (FAO, 2019).

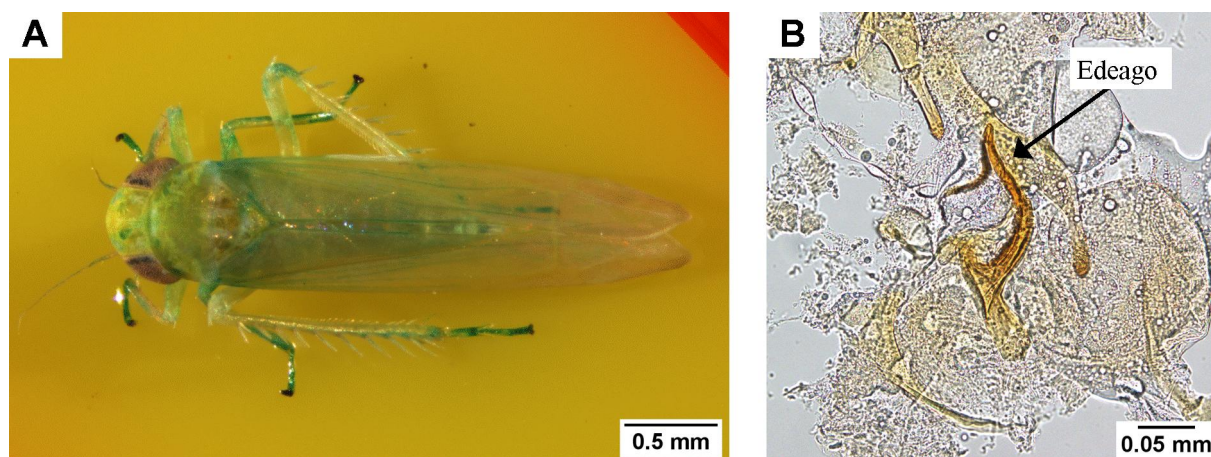
Existe um grande volume de comércio internacional e transporte humano, bem como novas ligações marítimas, terrestres e aéreas, que permitem a disseminação de espécies exóticas e de pragas uma vez que as inspecções que devem ser efectuadas para detectá-las acabam superlotadas (Hulme, 2009; Roques, 2010). O facto de existirem poucos controlos alfandegários na União Europeia permite que as espécies se espalhem pelos países vizinhos uma vez estabelecidas com sucesso na região. O comércio de plantas ornamentais é considerado o grande responsável pela introdução de espécies não nativas, bem como de pragas (Roques, 2010). Pode-se tomar como exemplo a presença da bactéria *Xylella fastidiosa* Wells *et al.* no Norte de Portugal, associada a uma sebe ornamental. Esta bactéria possui um diversificado leque de hospedeiros, desde plantas ornamentais a cultivares, podendo afectar as diferentes culturas com importância económica para Portugal (DGAV, 2019a). A hipótese mais consensual relativamente ao modo de actuação de *X. fastidiosa* nos hospedeiros é a de que a sua multiplicação nos vasos xilémicos associada à produção de biofilme bloqueia estes vasos, impedindo o transporte de seiva e água na planta, levando à sua morte (Daugherty *et al.*, 2010).

As alterações climáticas modificam os ecossistemas onde pragas e doenças conseguem prosperar e, por outro lado, reduzem a resistência e resiliência das plantas a estes inimigos (FAO, 2019). O aquecimento global pode influenciar a introdução e o padrão de dispersão das espécies, permitindo que estas alcancem e se estabeleçam em áreas que anteriormente não reuniam as condições adequadas ao seu desenvolvimento (Walther *et al.*, 2009; Roques, 2010). Com temperaturas mais quentes, o período reprodutivo das espécies pode estender-se (Walther *et al.*, 2009), bem como se espera que espécies estabelecidas mais a sul se expandam para norte (Hulme, 2017). Outra das consequências pode ser o encurtamento do período de desenvolvimento, levando ao aparecimento de gerações adicionais, como é o caso da praga *Ostrinia nubilalis* Hübner (Lepidoptera), originária da Europa que causa estragos na cultura de milho na América do Norte (Porter *et al.*, 1991; Capinera, 2008; Gagnon *et al.*, 2019).

Segundo a FAO (2019), as pragas causam uma perda de 40% de todas as colheitas a nível global. Em Portugal, existe uma especial preocupação com a presença de Auchenorrhyncha nas diferentes culturas com importância económica para o país, nomeadamente, olival, vinha, citrinos e prunóideas. Ao alimentarem-se quer do floema, xilema ou mesófilo, este vasto grupo de insectos pode causar severos danos nas culturas (Biedermann e Niedringhaus, 2009). Exemplo disto em Portugal são as cigarrinhas verdes *Jacobiasca lybica* (Bergevim e Zanon) (que predomina na zona sul) e *Empoasca vitis* (Goeth) (predominante a norte) associadas à vinha e a cigarrinha-verde *Asymmetrasca decedens* (Paoli) associada a múltiplas prunóideas e citrinos (Rebello e Quartau, 1993; Coutinho *et al.*, 2015).

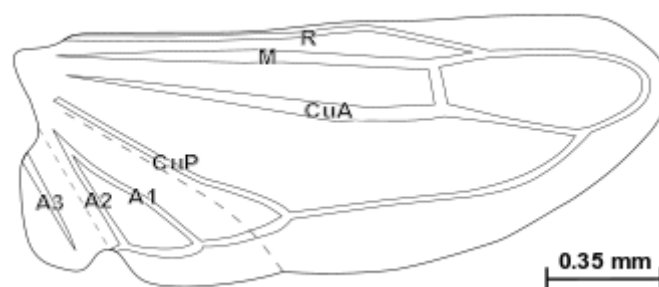
## 1.2. Morfologia e distribuição de *Asymmetrasca decedens*

*Asymmetrasca decedens* (Hemiptera: Cicadellidae) é uma espécie polífaga com registo de praga na região mediterrânica (Freitas e Aguin-Pombo, 2006). Esta cigarrinha, pertencente à subfamília Typhlocybinae, é semelhante a outras espécies do género *Empoasca* (Hemiptera: Cicadellidae), apresentando um tamanho de 3-3,5mm e uma cor verde-amarelada (Fig. 1.1A) (Coutinho *et al.*, 2015). Algumas das suas características morfológicas são: uma sutura coronal distinta; olhos compostos castanho avermelhados relativamente maiores do que o vértex; escutelo distintamente mais elevado; em relação às asas anteriores, apresentam uma margem costal curvada, um ápice arredondado e nervuras apicais médias e interiores aproximadamente do mesmo tamanho mas maiores do que as nervuras apicais exteriores; as asas posteriores possuem nervuras submarginais que se estendem em redor da zona apical, existindo a fusão das segunda (R) e terceira (M) nervuras longitudinais, e as nervuras anais são delimitadas por duas invaginações (Fig. 1.2) (Al-Asady, 2002).



**Figura 1.1** - Adulto (A) e genitália do macho (B) de *Asymmetrasca decedens*. Originais da autora.

A identificação de *A. decedens* passa pelo estudo da genitália masculina em que o edeago é característico e distinto das restantes espécies do complexo (Al-Asady, 2002; Coutinho *et al.*, 2015). O edeago (Fig. 1.1B) consiste num eixo largo cilíndrico com base esférica que se estende apicalmente a um tubo estreito com terminação no ápice, o qual se projecta ligeiramente para cima até um pequeno processo, possuindo uma projecção em forma de L situada lateral e ligeiramente abaixo do ápice (Al-Asady, 2002).



**Figura 1.2** - Asa posterior de *Asymmetrasca decedens* com nervuras anais (A1, A2 e A3), cubitais posterior (CuP) e anterior (CuA), radial (R) e mediana (M) representadas. Adaptado de Dworakowska (1970).

*Asymmetrasca decedens* encontra-se amplamente distribuída na região do Mediterrâneo e no Sul asiático. De acordo com Freitas e Aguin-Pombo (2006) e Nickel (2010), esta espécie foi relatada em diversos países, tais como Alemanha, Iraque, Jordânia, Israel, Egito, Líbia, Geórgia, Chipre, Eslováquia, Itália, França, Grécia, Montenegro, Suíça, Irão, Paquistão, China, Coreia do Norte, República da Coreia, Índia e Portugal (Ilha da Madeira). Adicionalmente, foi encontrada em Espanha (Alvarado *et al.*, 1994), Turquia (Başpinar, 1994), Eslovénia (Holzinger e Seljak, 2001), Tunísia (Chaieb *et al.*, 2011), Líbano (Dakhil *et al.*, 2011) e, mais recentemente, em Portugal Continental (Beira Interior) (Coutinho *et al.*, 2015).

### 1.3. Fenologia

#### 1.3.1. Ciclo de vida

Os Cicadellidae possuem um ciclo hemimetabólico, consistindo em três estados: ovo, ninfa (cinco instares) e adulto (Başpinar *et al.*, 2012). *Asymmetrasca decedens* é uma espécie multivoltina, podendo ter 3-5 gerações anuais (Jacas *et al.*, 1997; Başpinar *et al.*, 2012; Coutinho *et al.*, 2015), dependendo da região. A variabilidade regional observada no número de gerações anuais depende essencialmente das condições climáticas que também afectam o período de ocorrência dos diferentes estados, sendo a sua temperatura preferencial superior a 20 °C (Torres *et al.*, 2002).

*Asymmetrasca decedens* hiberna na forma adulta, refugiando-se em plantas perenes como os citrinos e a vegetação espontânea (Alvarado *et al.*, 2004). Quando as condições ambientais começam a ser mais favoráveis, normalmente no início da Primavera, *A. decedens* migra para plantas hospedeiras "preferenciais" como pessegueiros e amendoeiras (Alvarado *et al.*, 1994; Jacas *et al.*, 1997), onde inicia a sua actividade. Nestas culturas, em Espanha, os adultos (que são na sua maioria fêmeas sem ovos) começam a colonizar os pomares em Fevereiro e Março, atingindo um máximo populacional em Maio (Alvarado *et al.*, 1994). Em Junho, as fêmeas colocam os ovos nos nervos e pecíolos das folhas (Alvarado *et al.*, 1994; Jacas *et al.*, 1997), emergindo as ninfas após duas semanas. Ao longo de cinco semanas, as ninfas irão alimentar-se das folhas e passarão por cinco instares antes de atingirem a maturidade. Ao contrário dos adultos que podem saltar e voar, as ninfas apenas se movem rapidamente nas folhas quando são perturbadas (Jacas *et al.*, 1997). O fotoperíodo e a temperatura influenciam a duração do ciclo de vida, sendo o fotoperíodo de particular importância para o estado ninfal (Torres *et al.*, 2002). Os novos adultos reproduzem-se, depositando ovos de uma segunda geração em Agosto. Adicionalmente, pode ainda ocorrer uma terceira geração, dependendo das condições climáticas da região (Jacas *et al.*, 1997).

No outro extremo Mediterrânico, na Turquia, existem padrões diferentes nas flutuações das populações de *A. decedens*, em diferentes locais e hospedeiros, algo que se deve, provavelmente, às variações climáticas (Atakan, 2009). Atakan (2011) observou que *A. decedens* coloniza rapidamente as folhas do algodoeiro quando a temperatura e a humidade relativa apresentam médias de 30-35 °C e 80%, respectivamente. Em citrinos, a densidade populacional máxima desta espécie observa-se em Novembro, mantendo-se em elevados níveis até Janeiro (Başpinar, 1994). No entanto, no algodoeiro, a população atinge o seu auge no final de Junho e em Julho (Atakan, 2009). Adicionalmente, foram observados adultos de *A. decedens* quase todo o ano em redor dos pomares de romãzeiras, verificando-se picos populacionais em Maio/Junho e Outubro/Novembro (Başpinar *et al.*, 2013).

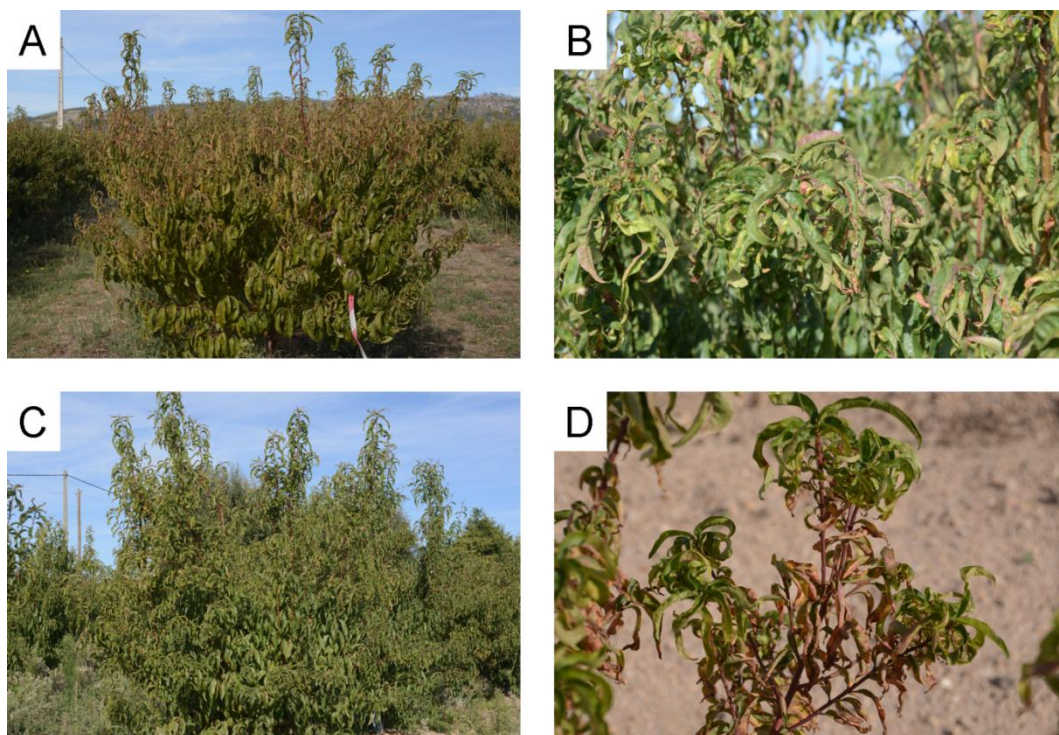
### 1.3.2. Alimentação e danos associados

*Asymmetrasca decedens* é uma espécie polífaga associada a pelo menos 61 espécies pertencentes a 29 diferentes famílias que englobam plantas espontâneas e cultivadas, incluindo ornamentais, hortícolas e árvores de fruto (Freitas e Aguin-Pombo, 2006). Devido às lesões causadas pelo seu modo de alimentação e aos elevados efectivos populacionais que *A. decedens* pode atingir, esta cigarrinha é considerada como praga em diversas plantas cultivadas, tais como as referidas na secção anterior, amendoeira (Torres *et al.*, 1998), algodoeiro (Atakan, 2009), pessegueiro (Alvarado *et al.*, 1994) e romãzeira (Başpinar *et al.*, 2013), bem como em citrinos, framboeseiro e noqueira-pecã (Freitas e Aguin-Pombo, 2006). Em Portugal Continental foi registada associada a pomares de pessegueiros, damasqueiros e ameixeiras e na envolvente, em amieiro comum, *Alnus glutinosa* (L.) Gaertn. (Coutinho *et al.*, 2015).

No geral, os Typhlocybae possuem armaduras bucais de menores dimensões, o que os restringe a alimentarem-se dos líquidos intracelulares das células do parênquima, contrariamente a outros cicadélídeos que se alimentam do floema (Chaieb *et al.*, 2011). No entanto, tanto os adultos como as ninfas de *A. decedens* sugam o conteúdo do floema nas nervuras inferiores das folhas, principalmente na zona apical destas, preferindo a parte inferior da planta (Alvarado *et al.*, 1994; Gencsoylu, 2007). Este mecanismo de alimentação permite-lhe entrar em contacto com agentes fitopatogénicos, sendo esta cigarrinha um potencial vector de fitoplasmas (Başpinar *et al.*, 2013).

A actividade de alimentação de *A. decedens* induz alterações nos tecidos vegetais (Fig.1.3), causando o enrolamento ou uma aparência de queimada na folha, pois esta começa a amarelar a partir do ápice até à base das folhas, secando e caindo prematuramente (Alvarado *et al.*, 1994; Torres *et al.*, 1998; Chaieb *et al.*, 2011). *Asymmetrasca decedens* afecta principalmente os tecidos jovens e tenros, causando fortes distorções nas folhas, o que pode levar a uma paragem no desenvolvimento da árvore, particularmente em viveiros e árvores em formação (Alvarado *et al.*, 1994; Chaieb *et al.*, 2011). Uma vez que os primeiros adultos surgem em Fevereiro e Março, período que coincide com o brotar das plantas, bem como as suas maiores densidades populacionais ocorrem no período crítico de amadurecimento dos frutos, esta alimentação por parte de *A. decedens* afecta especialmente o desenvolvimento dos seus hospedeiros (Alvarado *et al.*, 2004; Atakan, 2011).





**Figura 1.3** - Sintomas do ataque de *Asymmetrasca decedens* em pomar de pessegueiros (A e C). Folhas enroladas (B) e com aparência de queimada (D). Originais de J. Pereira Coutinho

### 1.3.3. Transmissão de fitoplasmas

Para além dos danos associados directamente à alimentação, *A. decedens* também é um potencial vector de fitoplasmas, o que pode resultar em grandes perdas quer de qualidade quer de quantidade em termos de produção de fruta (Başpinar *et al.*, 2013). Os fitoplasmas são bactérias sem parede celular com uma única membrana que, sendo parasitas obrigatórios de plantas, colonizam as células do floema e são transmitidos por insectos especialistas nesse tecido (Weintraub e Beanland, 2006). Esta cigarrinha foi encontrada transportando o fitoplasma '*Candidatus* Phytoplasma phoenicium' (16SrIX-B) pertencente ao grupo 16SrIX (grupo *Pigeon Pea Witches' Broom*) (Verdin *et al.*, 2003) responsável pelo *Almond Witches' Broom* (AlmWB) em amendoeiras no Líbano (Dakhil *et al.*, 2011). As amendoeiras infectadas por AlmWB apresentam sintomas como: a proliferação anormal dos ramos laterais no tronco e raízes principais, conferindo-lhes um aspecto de vassoura de bruxa; uma floração precoce; um crescimento atrofiado e fora da época normal; folhas pequenas amarelas; e uma ausência de produção de frutos ou uma produção limitada de frutos deformados (Abou-Jawdah *et al.*, 2003).

Dakhil *et al.* (2011) consideram que *A. decedens* não é um vector eficiente, uma vez que se alimenta das células do mesófilo, enquanto os fitoplasmas apenas são adquiridos e transmitidos por insectos que se alimentam do floema (Weintraub e Beanland, 2006). No entanto, esta cigarrinha foi encontrada transportando o referido fitoplasma (Dakhil *et al.*, 2011; Abou-Jawdah *et al.*, 2014), o que indica que de alguma forma contactou com o floema. Adicionalmente, *A. decedens* é também a cigarrinha que se apresenta em maior densidade nos pomares de nectarinas, pêssegos e amendoeiras no Líbano, podendo desempenhar um papel importante na dispersão do fitoplasma associado ao AlmWB dentro dos pomares (Abou-Jawdah *et al.*, 2003; Dakhil *et al.*, 2011).

Pastore *et al.* (2004) verificaram, em damasqueiros, o potencial de *A. decedens* transmitir outro fitoplasma '*Candidatus* Phytoplasma prunorum', pertencente ao subgrupo 16SrX-B, designado,



comummente, *European Stone Fruit Yellows* (ESFY). Na Europa, esta doença afecta *Prunus* spp., variando os sintomas entre as diferentes culturas mas, no geral, nos pessegueiros, as folhas enrolam e caem prematuramente, ocorre um crescimento fora de época e uma descoloração do floema, o que leva a que a produtividade das árvores infectadas seja reduzida, os ramos morram e as árvores declinem em poucos anos (Marcone *et al.*, 2014).

#### 1.4. Controlo de *Asymmetrasca decedens*

Nos pomares existem diversas espécies que são conhecidas e usadas como controlo de pragas, tais como coccinelídeos, crisopas e parasitóides. Contudo, estes apenas são potenciais agentes de controlo biológico de *A. decedens*, uma vez que não se conhecem ao certo os inimigos naturais desta cigarrinha. Para os Typhlocybinæ estão descritos alguns parasitóides como *Aphelopus atratus* (Dalman), *Aphelopus melaleucus* (Dalman), *Aphelopus nigriceps* Kieffer e *Aphelopus serratus* Richards (Hymenoptera: Dryinidae) que parasitam as ninfas (Waloff and Jervis, 1987). No entanto, para *A. decedens* apenas foi relatado nas ninfas, o ectoparasita *Erythraeus ankaraicus* Saboori, Cobanoglu & Bayram (Acari: Erythraeidae) em culturas de algodoeiro na Turquia (Gencsoylu, 2007). Desta forma, por não se conhecerem os inimigos naturais desta cigarrinha, o seu controlo tem sido realizado com a aplicação de insecticidas. As substâncias químicas recomendadas para controlar esta cigarrinha afectam, principalmente, o sistema nervoso, enquanto outras funcionam como inibidores do crescimento, ou seja, inibem a síntese de quitina que impede o insecto de realizar a muda e atingir a maturidade (Freitas e Aguin-Pombo, 2006). Destas substâncias, Torres *et al.* (1998) estudaram a eficácia dos tratamentos com organofosfatos, verificando que as capturas não diminuam.

No entanto, outros insecticidas demonstraram alguma eficácia no controlo desta cigarrinha-verde. Por exemplo, Meisner *et al.* (1992) testaram a eficácia de um insecticida natural derivado da amargoseira (*Azadirachta indica* A. Juss), Margosan-O, constituído por 0,3% de azadiractina, 14% de óleo de margosa, 10% de polioxietileno e 75% de etanol. Testaram, em culturas de algodão, diferentes concentrações de azadiractina, verificando que a eficácia no tratamento foliar se devia à repelência, que inibe a alimentação, e à translocação de azadiractina através do parênquima para os tecidos vasculares, o que leva a um armazenamento nos tecidos em quantidades tóxicas. Os autores acreditam que este insecticida é o primeiro passo para o controlo de *A. decedens*, pois leva a uma alta taxa de mortalidade nas ninfas, impede-as de se alimentarem e repele os adultos, sugerindo também que este insecticida deve ser aplicado nas folhas para uma maior eficácia.

Semelhante ao estudo referido anteriormente, em Itália, foram testados três insecticidas neonicotinóides, ou seja, derivados da nicotina. Assim, em culturas de framboesa foram testadas as eficácias de tiametoxame, acetamiprida e tiaclopride em comparação com um organofosfato, tendo sido aplicados quando detectadas as primeiras ninfas. Verificou-se uma maior eficácia de tiametoxame e tiaclopride que pode durar até 3 a 4 semanas após a aplicação, possibilitando um quase controlo total da primeira geração e do desenvolvimento da segunda (Grassi *et al.*, 2008).

Globalmente, estudos sugerem que o controlo desta praga deve ser efectuado no início do verão, época em que a população está no seu auge, dirigindo-se as estratégias de combate para as ninfas (Alvarado *et al.*, 1994; Torres *et al.*, 1998; Grassi *et al.*, 2008). No entanto, não existe em Portugal um programa de combate definido para *A. decedens* em pessegueiros, onde foi detectada pela primeira vez. Porém, são aplicados insecticidas em pomares de pessegueiros que também são usados noutros países e/ou foram testados para controlo de *A. decedens* noutras culturas, nomeadamente, a azadiractina que funciona como regulador de crescimento; a deltametrina e o tau-fluvalinato que actuam por contacto e

ingestão; e os neonicotinóides, tiaclopride e acetamiprida que são insecticidas sistémicos que funcionam também por contacto e ingestão (DGAV, 2019b).

### 1.5. Pessegueiro e sua importância económica

A China é o principal produtor de pêssago, gerando em 2017 mais de 50 % da produção mundial com 14 milhões de toneladas deste fruto. Com quase 2 milhões de toneladas de pêssagos, Espanha foi o segundo maior produtor em 2017, seguindo-se Itália com pouco mais de um milhão de toneladas (FAOSTAT, 2019). Em Portugal, o pessegueiro [*Prunus persica* (L.) Batsch] constitui uma cultura com tradição na região da Beira Interior, ocupando 1853 ha que correspondem a 50% da área total de pessegueiros no país e representando cerca de 50% da produção nacional (INE, 2019a). Apesar das culturas de prunóideas, nomeadamente pessegueiro e cerejeira, não serem as mais representativas da região, estas culturas destacam-se pelo rendimento que proporcionam (Simões *et al.*, 2008) com, por exemplo, uma produção de 13239 kg de pêssago por hectare no ano 2018 (INE, 2019a).

O pessegueiro necessita de muito sol e calor e também é bastante sensível à asfixia radicular por encharcamento. Assim, a produção de frutos com alta qualidade é favorecida por solos arenosos com arejamento e elevada permeabilidade (Simões *et al.*, 2009). A qualidade dos frutos depende da carga que uma árvore apresenta, quer de flores quer de frutos. Se durante o período de floração existirem temperaturas elevadas e uma ausência de precipitação, prevê-se uma maior carga na árvore e, por conseguinte, um menor calibre e qualidade dos frutos. Quando a poda se realiza com uma menor severidade para obter uma elevada produção, o calibre dos frutos será menor. Deste modo, os pessegueiros sofrem uma monda de flores ou frutos consoante a sua condição de carga (Simões, 2016). O peso dos frutos é o parâmetro que reflecte maior valor comercial, sendo uma mais valia para o produtor (Ferreira *et al.*, 2017). O preço anual no produtor varia de ano para ano com a sazonalidade, as condições climáticas e os preços praticados internacionalmente. Por exemplo, no ano de 2018, o valor foi de 124,58 € por cada 100 kg de pêssago, enquanto em 2017, pela mesma quantidade de fruto, no produtor o preço era de 92,14 € (INE, 2019b).

A obtenção de uma elevada produção que possa ser comercializada depende principalmente da colheita dos frutos. Uma variação desta data em apenas dias poderá levar a uma diminuição da quantidade de frutos comercializáveis ou da qualidade destes, dependendo se a colheita é tardia ou temporã, respectivamente (Simões *et al.*, 2009). As cultivares podem ser agrupadas consoante a colheita dos seus frutos em: 1) temporãs, caso os frutos sejam colhidos até ao final do mês de Junho; 2) de estação, se a colheita ocorrer entre 1 de Julho e a terceira semana de Agosto, inclusive; e 3) tardias, se esta for a partir da quarta semana de Agosto e até ao final da campanha (Ferreira *et al.*, 2017). A data de colheita é determinada pela dureza do fruto que, por conseguinte, define a qualidade dos pêssagos para o consumidor, pois a sua dureza no final do desenvolvimento decresce muito rapidamente (Simões *et al.*, 2009). Assim, a existência de variadíssimas cultivares permite uma diversificada oferta durante todo o Verão, iniciando-se a comercialização de pêssagos em Junho e terminando em Setembro (Ferreira *et al.*, 2017).

Adicionalmente, existe uma grande diversidade de problemas fitossanitários associados aos pessegueiros que podem levar a perdas significativas de produção, a aumento de custos e a uma diminuição na qualidade dos frutos. Assim, é necessária uma identificação dos inimigos chave da cultura, dado que estes variam consoante a região e as condições edafo-climáticas. De uma forma generalizada, as pragas dos pessegueiros incluem, além da cigarrinha-verde, ácaros, afídeos, cochonilhas e tefritídeos. Por outro lado, as doenças dos pessegueiros abrangem o cancro, o crivado, a lepra e a moniliose. Um dos principais inimigos das prunóideas é a mosca da fruta (*Ceratitis capitata*

Wiedmann) que para além de provocar importantes prejuízos, também se apresenta de difícil combate (Félix e Cavaco, 2008).

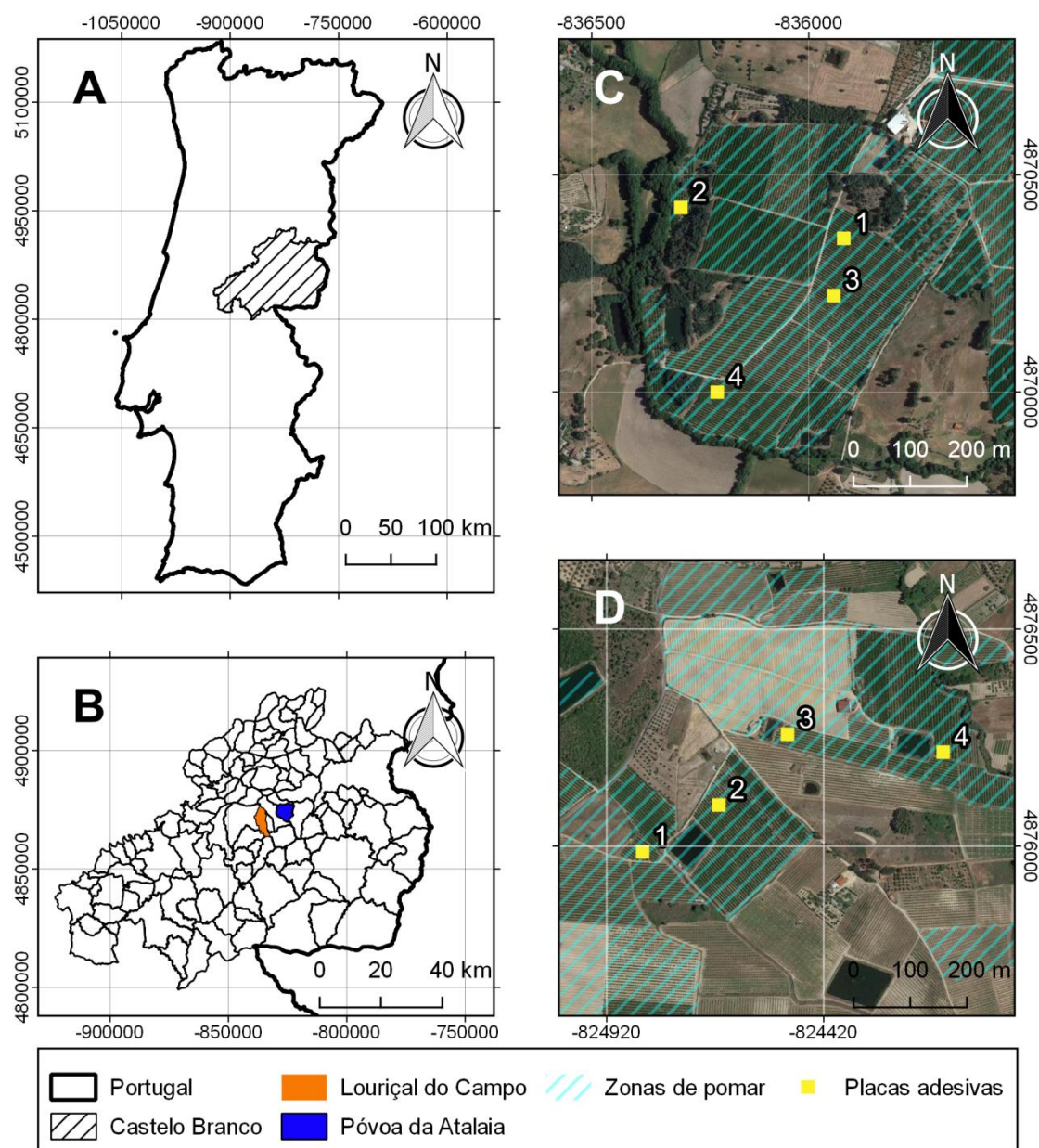
## 1.6. Objectivos

Tal como referido anteriormente, existem diversos factores que revelam a problemática de *Asymmetrasca decedens* em Portugal. Destaca-se a sua importância como praga em pomares de pessegueiro quer pelos danos directos nas folhas quer pelo seu potencial como vector de fitoplasmas devido ao seu modo de alimentação; e o facto desta cigarrinha possuir variações regionais no calendário de ocorrência das diferentes fases do ciclo de vida e no número de gerações anuais. No sentido de propor e implementar medidas de gestão e controlo adaptadas às condições particulares da região e considerando a importância da Beira Interior na produção nacional de pêssegos, o relato recente de *A. decedens* associada a pomares de pessegueiro na região e a detecção de *Xylella fastidiosa* em Portugal, procurou-se: **(a)** conhecer a comunidade de Auchenorrhyncha presente em pomares de pessegueiros da região da Beira Interior, com particular interesse em *A. decedens* e outras espécies críticas de cigarrinhas verdes que, eventualmente, possam estar presentes; **(b)** conhecer a fenologia de *A. decedens* na região da Beira Interior; e **(c)** avaliar o efeito de algumas variáveis climáticas e físicas na abundância de *A. decedens* e eventuais cigarrinhas verdes presentes.

## 2. Material e Métodos

### 2.1. Caracterização dos pomares

Os pomares Póvoa de Atalaia e Louriçal do Campo, propriedade de Joaquim Martins Duarte & Filhos, Lda, situam-se na zona Norte do concelho de Castelo Branco (Fig. 2.1). Um resumo das fontes e metadados associados às camadas de informação geográfica utilizadas na elaboração dos mapas apresentados encontram-se disponíveis no Anexo A - Tabela A.1. Esta região apresenta condições favoráveis ao cultivo de pessegueiros, desde o solo com textura grosseira a temperaturas e número de horas de luz elevadas. Os grandes períodos de ausência de chuva no Verão e a grande permeabilidade do solo evitam a asfixia radicular do pessegueiro como consequência de encharcamento do solo, estando assim, este cultivo apenas limitado pela disponibilidade hídrica para rega (Simões *et al.*, 2008, 2009).



**Figura 2.1** - Localização das freguesias Louriçal do Campo e Póvoa de Atalaia (A e B) onde se encontram os pomares. Localização das armadilhas cromotrópicas utilizadas (1-4) nos pomares Louriçal do Campo (C) e Póvoa de Atalaia (D).

A Norte e Sul do pomar Póvoa de Atalaia existem outros pomares de pessegueiros e cerejeiras, enquanto a Este se encontra uma linha de água e vegetação ripícola e a Oeste floresta e pomar de pessegueiro. Adicionalmente, estão presentes charcos disseminados nos terrenos deste pomar e alguns reservatórios de água abertos. Na envolvente do pomar Louriçal do Campo encontra-se a Sul e Oeste uma galeria ripícola e vegetação ribeirinha (rio Ocreza), enquanto a Este existem um pinhal e uma pastagem natural e a Norte outros pomares de pessegueiros e de damasqueiros.

No total, os dois pomares possuem 19 cultivares de pessegueiro, de diferentes idades e com um compasso de 4,5 m (na entrelinha) por 2,5 m (na linha). Na Tabela 2.1, encontram-se as cultivares por pomar com a época de produção e idade correspondente.

**Tabela 2.1** - Cultivares existentes nos pomares Póvoa de Atalaia (PA) e Louriçal do Campo (LC) com a respectiva época de reprodução.

Cultivar	Época de produção	Idade (anos)	PA	LC	Referências
'Andross'	Estação	8/9	X <sup>P1</sup>	X	Ferreira <i>et al.</i> (2017); Nectalia (s.d.)
'Baby Gold 5'	Estação			X	Stoned Peach (2018)
'Baby Gold 8'	Tardia			X	Stoned Peach (2018); Nectalia (s.d.)
'Catherine'	Estação	10		X <sup>L2</sup>	Ferreira <i>et al.</i> (2017); Nectalia (s.d.)
'Crimson Lady'	Temporã		X		Stoned Peach (2018); Nectalia (s.d.)
'Ebro'	Estação		X	X	Provedo (s.d.)
'Extreme 460'	Estação	5		X <sup>L1</sup>	Provedo (s.d.)
'Extreme 486'	Tardia	6		X <sup>L3</sup>	Provedo (s.d.)
'Honey Royal'	Estação		X		Dalival (s.d.); Nectalia (s.d.)
'Luciana'	Estação			X	Dalival (s.d.)
'Poblet'	Estação	6	X <sup>P3</sup>	X <sup>L4</sup>	Provedo (s.d.)
'Red Jim'	Tardia	6	X <sup>P2</sup>		Nectalia (s.d.)
'Royal Summer'	Estação			X	Ferreira <i>et al.</i> (2017); Dalival (s.d.)
'Summer Sun'	Temporã			X	Nectalia (s.d.)
'Sunlate'	Estação			X	Ferreira <i>et al.</i> (2017)
'Sweet Dream'	Estação	8	X <sup>P4</sup>	X	Ferreira <i>et al.</i> (2017); Dalival (s.d.)
'Tardibelle'	Tardia			X	Ferreira <i>et al.</i> (2017)
'Tirrenia'	Temporã			X	Ferreira <i>et al.</i> (2017)
'Yuso'	Temporã		X		Provedo (s.d.)

A exploração destes pomares é feita no modo de Produção Integrada, ou seja, possui um "sistema agrícola de produção de alimentos de alta qualidade e de outros produtos utilizando recursos e mecanismos de regulação naturais, em substituição de factores poluentes de modo a assegurar uma agricultura sustentável". "Os métodos biológicos, técnicos e químicos são equilibrados, considerando a protecção do meio ambiente, a rentabilidade e os requisitos sociais" (Boller *et al.*, 2004). Nos pomares estudados, existe um sistema de rega gota-a-gota e o controlo da flora adventícia é realizado com herbicida na linha e através de cortes periódicos na entrelinha, onde existe um enrelvamento permanente natural. Adicionalmente, é realizada a poda em verde dos pessegueiros em Junho/Julho, removendo ramos no interior da copa de modo a aumentar a produção de frutos do ano seguinte. Ocasionalmente, também é realizado o controlo químico dirigido a pragas específicas que ocorrem nos pomares, considerando o período de colheita do fruto. A Tabela 2.2 apresenta os tratamentos fitossanitários aplicados nestes pomares em 2018 durante o período em estudo.

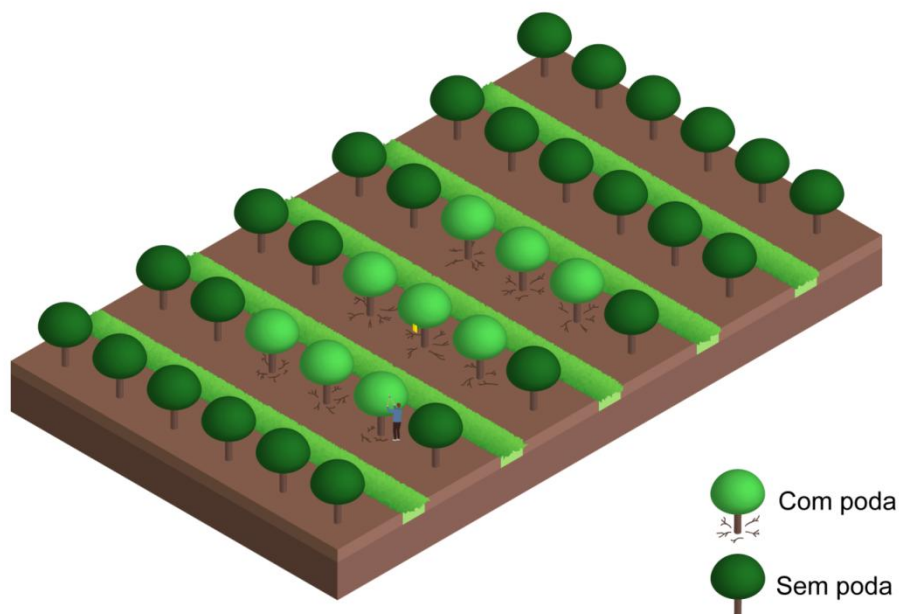
**Tabela 2.2** - Tratamentos fitossanitários aplicados nos pomares do Lourçal do Campo e da Póvoa de Atalaia entre 17 de Fevereiro e 15 de Julho 2018.

Produto fitofarmacêutico	Inimigo	Substância activa	Data de aplicação	Cultivares em que foram aplicadas
<b>Fungicida</b>	Lepra; Crivado	oxicloreto de cobre	17 a 24/02/18	Todas
	Lepra; Crivado	tirame	09 a 12/03/18	
	Moniliose	ciprodinil	20/03/2018	
	Lepra; Crivado	zirame	04 e 05/04/2018	
	Moniliose	ciprodinil	04 e 05/04/2018	
	Lepra; Crivado	tirame	16/04/2018	
	Moniliose; Oídio	fluopirame + tebuconazol	16/04/2018	
	Oídio	penconazol	26 e 27/04/2018	
	Oídio	enxofre	13/06/2018	
	Moniliose	fluopirame + tebuconazol	20/06/2018	
	Moniliose	fluopirame + tebuconazol	28/06/2018	
	Moniliose	fluopirame + tebuconazol	15/07/2018	
<b>Insecticida</b>	Tripes	spinetorame	27/03/2018	Tirrenia e Rich Lady Nectarinas Honey Royal e Vista Rich Excepto em Diamond Princess Catherine e Sweet Dream
	Piolho verde	imidaclopride	26 e 27/04/2018	
	Cochonilha S. José	metilclopirifos	06/06/2018	
	Mosca do Mediterrâneo	lambda-ciatrolina	20/06/2018	
	Mosca do Mediterrâneo	lambda-ciatrolina	28/06/2018	
	Mosca do Mediterrâneo	lambda-ciatrolina	15/07/2018	
<b>Acaricida</b>	Aranhão amarelo	espirodiclofena	13/06/2018	Todas
<b>Herbicida</b>		glifosato	04/04/2018	
		glufosinato de amónio	22 e 26/04/2018	

## 2.2. Recolha de exemplares

A recolha de exemplares foi efectuada por técnicos da Appizêzere (Associação de Protecção Integrada e Agricultura Sustentável do Zêzere) nos dois pomares de pessegueiros, Póvoa de Atalaia e Lourçal do Campo, caracterizados anteriormente. Foram colocadas quatro armadilhas adesivas cromotrópicas amarelas de 22,5×20,0 cm em cada pomar, mudadas semanalmente, de 11 de Abril a 7 de Setembro de 2018 (Fig. 2.1). No pomar Lourçal do Campo, as placas adesivas foram colocadas nas cultivares "Extreme 460", "Catherine", "Extreme 486" e "Poblet", enquanto no pomar Póvoa de Atalaia se encontraram, ao longo do estudo, nas cultivares "Andross", "Red Jim", "Poblet" e "Sweet Dream" (Tabela 2.1). Como prática cultural, foi efectuada a poda em verde a 14 de Agosto em ambos os pomares. Assim, apenas as árvores com as armadilhas 4 de Lourçal do Campo e 3 de Póvoa de Atalaia, bem como as oito árvores adjacentes a estas foram podadas, tal como se demonstra na figura 2.2.

As armadilhas foram trazidas bimensalmente para o laboratório de Entomologia da FCUL por investigadores do Instituto Politécnico de Castelo Branco.



**Figura 2.2** - Prática cultural, esquema de poda em verde efectuada nos pomares para as placas 4 de Louriçal do Campo e 3 de Póvoa de Atalaia. Original de Ana Carina Neto

### 2.3. Triagem dos indivíduos

Após a recolha das placas, procedeu-se à triagem dos exemplares capturados, retirando os indivíduos Auchenorrhyncha das placas através de petróleo para dissolver a cola e armazenando-os em etanol a 70% para posterior identificação. Os exemplares foram separados por famílias e subfamílias e, posteriormente, identificados à espécie sempre que possível. Quando tal se tornou irrealizável, determinou-se o menor nível taxonómico possível e foram definidas morfoespécies.

### 2.4. Identificação do grupo Auchenorrhyncha

Os exemplares foram identificados com recurso a uma lupa binocular Nikon SMZ645 de acordo com Ribaut (1936), Le Quesne (1965), Della Giustina (1989), Drosopoulos e Remane (2000), Dmitriev (2003-presente), Holzinger (2008), Biedermann e Niedringhaus (2009), Bertin *et al.* (2010), Bluemel *et al.* (2014), Wilson *et al.* (2015).

Foram fotografados exemplares representativos de cada espécie/morfoespécie encontrada, sempre que o estado do exemplar o permitia, recorrendo-se a um microscópio estereoscópico Zeiss Stereo Lumar V.12 com uma câmara AxioCam 503 color acoplada controlado com o *software* AxioVision 4.91.1. As imagens dos exemplares foram adquiridas a múltiplas distâncias focais de modo automatizado e sujeitas a *focus stacking* com a ferramenta “Extended Focus” do *software* controlador, utilizando o método de Wavelets. Este registo fotográfico ocorreu antes de se proceder à identificação dos indivíduos, algo que, maioritariamente, só foi possível através da observação da genitália masculina que implica a destruição parcial do exemplar, preservando-se deste modo a morfologia externa. Para a preparação da genitália masculina, a parte apical do abdómen dos machos foi cortada e colocada numa solução de hidróxido de potássio (KOH) a 10%, aquecida numa lamparina durante 20s a 2min, dependendo das características do exemplar. Assim, indivíduos mais claros e menos esclerotizados, como os Typhlocybae, foram colocados em KOH 10% durante menos tempo, enquanto exemplares mais esclerotizados e mais escuros, tais como os Agallinae, ficaram mais tempo mergulhados em

KOH 10%. De seguida, o pigóforo foi colocado em glicerina para a remoção dos restantes segmentos abdominais e dos tecidos moles antes de ser montado em glicerina entre lâmina e lamela. Foram seleccionadas preparações representativas das espécies para registo fotográfico através do microscópio Olympus BX51 com uma câmara The Imaging Source DFK 23U274 acoplada controlada com o *software* MicroManager 2.4. Algumas imagens da genitália foram adquiridas manualmente a múltiplas distâncias focais e sujeitas a *focus stacking* no Image J V.1.52i com o *plugin* "Extended Depth of Field" (Foster *et al.*, 2004), utilizando também o método de Wavelets. Outras imagens, por terem sido sido capturadas diferentes partes da genitália, foram sujeitas a *stitching* no Image J com o *plugin* "Pairwise stitching" (Preibisch *et al.*, 2009) que combina múltiplas imagens com campos de visão sobrepostos de modo a obter uma única figura. Todas as imagens adquiridas foram processadas e escaladas no Image J V.1.52i.

As fêmeas foram identificadas até ao nível taxonómico mais baixo possível. Se todos os machos de um género numa amostra específica correspondiam a uma espécie, então as fêmeas desse mesmo género foram consideradas como pertencentes à mesma espécie, após a observação das suas características morfológicas. No caso de existir mais de uma espécie num género em particular, para as fêmeas pertencentes a esse género foram definidas morfoespécies designadas por género ou subfamília seguido de "sp." e uma letra, de acordo com o morfotipo (por exemplo: Typhlocybinae sp. A). No caso dos Empoascini (Typhlocybinae), dada a impossibilidade de distinção morfológica das fêmeas e indivíduos danificados (não identificáveis) e de forma a evitar a subestimativa do número de indivíduos capturados no tratamento de dados, o número de Empoascini não identificáveis de uma amostra foi distribuído pelas espécies da tribo presentes na mesma amostra de modo proporcional ao número de machos capturados de cada espécie. Quando ocorreram apenas Empoascini não identificáveis numa dada amostra, o número desses indivíduos foi distribuído pelas espécies presentes proporcionalmente ao número de machos encontrados em todas as placas do mesmo pomar e data. Esta distribuição dos Empoascini não identificáveis pelas diferentes espécies capturadas pressupõe que a razão sexual é igual para todas as espécies de Empoascini capturadas e que se mantém constante ao longo do tempo.

## 2.5. Análise de dados

### 2.5.1. Comunidade de Auchenorrhyncha

#### 2.5.1.1 Abundância, dominância e frequência

Para caracterizar a comunidade de Auchenorrhyncha associada aos dois pomares em estudo, foi calculada a dominância e frequência das espécies ocorrentes para cada pomar. A dominância indica a percentagem de indivíduos de uma determinada espécie em relação ao número total de indivíduos de todas as espécies. Assim, as espécies foram classificadas como "dominantes", "influentes" ou "não dominantes" se a sua dominância foi  $\geq 10$ , 5-10 ou  $< 5\%$ , respectivamente. A frequência consiste na proporção de datas em que uma determinada espécie ocorreu em relação ao número total de datas de amostragem. As espécies identificadas foram categorizadas como "constante", "acessória" ou "acidental" se os valores da sua frequência foram  $\geq 50$ , 25-50 ou  $< 25\%$ , respectivamente (Tsagkarakis *et al.*, 2018).

Para as espécies consideradas dominantes e/ou constantes foi avaliada a existência de diferenças significativas entre pomares através do teste de Wilcoxon. Os pares de amostras considerados correspondem à abundância média de indivíduos recolhidos nas placas de um dado pomar e estão emparelhadas de acordo com a data de amostragem. Para as análises seguintes consideraram-se apenas as espécies dominantes e constantes. Utilizou-se o programa R versão 3.6.1 (R Core Team, 2019)



implementado no RStudio versão 1.2.1335 (RStudio Team, 2018) para as análises estatísticas. Os gráficos apresentados foram criados com recurso aos pacotes "ggplot2" (Wickham, 2016) e "cowplot" (Wilke, 2019).

### 2.5.1.2 Curvas de acumulação e rarefacção de espécies

De forma a avaliar a suficiência do esforço de amostragem na determinação do número de espécies de Auchenorrhyncha presentes nos pomares, foram determinadas curvas de acumulação de espécies em função do número de amostras, aqui consideradas como o conjunto de indivíduos e espécies encontradas em todas as placas de um dado pomar numa mesma data de amostragem.

Dado que a forma e, consequentemente, a interpretação das curvas de acumulação de espécies é influenciada pela ordem pela qual são adicionadas as amostras, foram também construídas curvas de rarefacção baseadas quer em indivíduos quer em amostras. As curvas de rarefacção constituem uma estimativa interpolada da curva média de acumulação de espécies e da respectiva variação a partir de técnicas de reamostragem aleatória sem reposição, retirando assim o efeito da ordem das amostras na forma da curva. Quanto maior for o número de permutações utilizado, melhor será a estimativa da variação em torno do valor médio da curva e maior será a confiança na comparação de diferentes curvas de rarefacção. Foram consideradas 1000 permutações na geração das curvas de rarefacção. As curvas de acumulação e rarefacção de espécies foram computadas com recurso à função *specaccum* do pacote 'vegan' (Oksanen *et al.*, 2019).

### 2.5.1.3 Estimativa da riqueza específica

Para estimar a riqueza de espécies de Auchenorrhyncha potencialmente presentes nos dois pomares foram utilizados três estimadores de riqueza não-paramétricos (Chao2, Jackknife1 e Jackknife2) baseados em dados de incidência, isto é, em presenças de espécies nas amostras. Optou-se por usar estimadores não-paramétricos dada a inexistência de pressupostos sobre a distribuição da abundância das espécies (Gotelli e Colwell, 2011). Para além disso, os estimadores não-paramétricos, em particular os estimadores Chao e Jackknife, têm um melhor desempenho em termos de precisão, exactidão e enviesamento do que funções assintóticas extrapoladas ou outros estimadores paramétricos (Walther e Moore, 2005). Os estimadores de riqueza específica Chao2 (Equação 2.1), Jackknife1 (Equação 2.2) e Jackknife2 (Equação 2.3) podem ser calculados da seguinte forma:

$$S_{Chao2} = S_{obs} + \frac{q_1^2}{2q_2} \left( \frac{n-1}{n} \right) \quad (2.1)$$

$$S_{Jackknife1} = S_{obs} + q_1 \left( \frac{n-1}{n} \right) \quad (2.2)$$

$$S_{Jackknife2} = S_{obs} + \left[ \frac{q_1(2n-3)}{n} - \frac{q_2(n-2)^2}{n(n-1)} \right] \quad (2.3)$$

em que  $S_{obs}$  é a riqueza específica observada (número total de espécies presentes nas amostras);  $q_1$  é o número de espécies presentes numa única amostra (*singletons*);  $q_2$  é o número de espécies presentes em exactamente duas amostras (*doubletons*); e  $n$  é o número total do conjunto de amostras. O cálculo dos valores destes três estimadores de riqueza específica, foi realizado com recurso à função *specpool* do pacote 'vegan' (Oksanen *et al.*, 2019), considerando 1000 permutações.

De modo a comparar os estimadores de diversidade, para cada combinação de estimador e pomar foi calculada a *Percentage of True Richness* (PTR, Equação 2.4):

$$PTR = \frac{S_{Est}}{S_{Obs}} \times 100 \quad (2.4)$$

em que  $S_{Obs}$  corresponde à riqueza observada; e  $S_{Est}$  corresponde à riqueza estimada por cada estimador ( $S_{Chao2}$ ,  $S_{Jackknife1}$ ,  $S_{Jackknife2}$ ).

### 2.5.2. Relação de variáveis climáticas e população de cigarrinhas verdes

Os dados meteorológicos utilizados foram disponibilizados por Anabela Barateiro (Appizêzere) e são relativos à estação meteorológica Póvoa de Atalaia (7°24'26.09"W, 40°4'15.52"N) localizada no pomar Póvoa de Atalaia e a 9,98 km do pomar Lourçal do Campo. O conjunto de dados inclui 12 variáveis: temperatura máxima, média e mínima; humidade relativa máxima, média e mínima; radiação solar média; velocidade máxima e média do vento; precipitação total; número de horas de folha molhada e número de horas de frio total, considerando uma temperatura inferior a 7°C. Uma vez que os dados meteorológicos fornecidos correspondem a valores diários e que as capturas de cigarrinhas verdes foram realizadas com uma frequência semanal, os dados meteorológicos diários foram agregados semanalmente (Anexo B - Tabela B.1). O modo de agregação semanal dos dados meteorológicos foi distinto para diferentes variáveis e, por isso, encontra-se descrito na Tabela 2.2.

**Tabela 2.2** - Modo de agregação semanal de dados meteorológicos diários com abreviatura das diferentes variáveis.

Dados meteorológicos diários	Unidade	Estatística de agregação semanal	Abreviatura da variável
Temperatura máxima	°C	Máximo	TMax
Temperatura média	°C	Média	TMed
Temperatura mínima	°C	Mínimo	TMin
Humidade relativa máxima	%	Máximo	HRMax
Humidade relativa média	%	Média	HRMed
Humidade relativa mínima	%	Mínimo	HRMin
Radiação solar média	W/m <sup>2</sup>	Média	RadMed
Velocidade máxima do vento	m/s	Máximo	VentoMax
Velocidade média do vento	m/s	Média	VentoMed
Precipitação total	Mm	Soma	PrecTot
Número de horas de frio (< 7 °C) total	NA	Soma	NFrioTot
Número de horas de folha molhada	NA	Soma	NFolhTot

As séries temporais semanais das variáveis climáticas foram utilizadas com o objectivo de estudar a sua interdependência com as dinâmicas populacionais das espécies dominantes de cigarrinhas verdes nos pomares em estudo e de identificar as variáveis climáticas mais importantes para estas. Os dados relativos às cigarrinhas verdes correspondem a séries temporais semanais do número médio de indivíduos por pomar para cada espécie dominante. Esta interdependência foi analisada através da estimativa da correlação cruzada e da sua significância entre séries temporais para *lags* entre 0 e 7 semanas anteriores à amostragem, dado que o período de desenvolvimento desde a eclosão do ovo até à emergência do adulto varia entre 2 e 7 semanas (Jacas *et al.*, 1997; Torres *et al.*, 2002). As correlações cruzadas foram calculadas através da função *ccf* no pacote de base do R. Para além das variáveis climáticas com correlações significativas com as populações de cigarrinhas verdes, foi identificado o *lag* em que o valor do coeficiente de correlação foi mais forte para essas variáveis.

### 3. Resultados e Discussão

#### 3.1. Comunidade de Auchenorrhyncha presente

De 4783 indivíduos colectados, foram identificadas 33 espécies pertencentes a 5 famílias: Aphrophoridae, Cercopidae, Cicadellidae, Cixiidae e Delphacidae (Tabelas 3.1 e 3.2; Figuras disponíveis no Anexo C). Póvoa de Atalaia apresentou uma maior diversidade com 30 espécies identificadas, enquanto em Louriçal do Campo apenas foram encontradas 23. No entanto, foram recolhidos mais indivíduos no pomar Louriçal do Campo do que em Póvoa de Atalaia, 3198 e 1585 exemplares, respectivamente. Adicionalmente, foram encontrados dois indivíduos identificados como *Sophonia orientalis* (Matsumura) (Cicadellidae: Evacanthinae) e *Phlepsius intricatus* (Herrich – Schäffer) (Cicadellidae: Deltocephalinae). No entanto, não se conhece a data e o pomar em que estes foram capturados, pois encontravam-se soltos nas caixas de cartão que transportaram as armadilhas cromotrópicas.

**Tabela 3.1** - Abundância, dominância e frequência de Auchenorrhyncha colectados no pomar Louriçal do Campo em Castelo Branco. N: Abundância, número de indivíduos capturados; D (%): Dominância, proporção da abundância de uma espécie em relação à abundância de todas as espécies; F (%): Frequência, proporção de datas em que uma espécie foi encontrada.

Sub-ordem	Família	Sub-família	Espécie	Nº	D (%)	F (%)
Cicadomorpha	Aphrophoridae	-	<i>Philaenus spumarius</i> (Linnaeus)	2	0,06	9,09
	Cercopidae	-	<i>Cercopis intermedia</i> Kirschbaum	1	0,03	4,55
	Cicadellidae	Agallinae	<i>Agallia consobrina</i> Curtis	225	7,04	50,00
			<i>Anaceratagallia laevis</i> (Ribaut)	18	0,56	40,91
		Aphrodinae	<i>Aphrodes makarovi</i> Zachvatkin	23	0,72	22,73
		Cicadellinae	<i>Cicadella viridis</i> (Linnaeus)	1	0,03	4,55
		Deltocephalinae	<i>Euscelidius variegatus</i> (Kirschbaum)	5	0,16	22,73
			<i>Neoaliturus fenestratus</i> (Herrich-Shäffer)	4	0,13	13,64
			<i>Sardius argus</i> (Marshall)	1	0,03	4,55
		Megophthalminae	<i>Megophthalmus scrabipennis</i> Edwards	3	0,09	9,09
		Typhlocybinæ	<i>Alnetoidia alneti</i> (Dahlbom)	4	0,13	9,09
			<i>Asymmetrasca decedens</i> (Paoli)	2007	62,76	81,82
			<i>Empoasca decipiens</i> Paoli	22	0,07	18,18
			<i>Empoasca solani</i> (Curtis)	702	21,95	86,36
			<i>Fruticidia bisignata</i> (Mulsant & Rey)	1	0,03	4,55
			<i>Hautpidia maroccana</i> (Melichar)	2	0,06	9,09
			<i>Ribautiana cruciata</i> (Ribaut)	1	0,03	4,55
			<i>Zygina lunaris</i> (Mulsant & Rey)	14	0,44	18,18
			<i>Zygina nivea</i> (Mulsant & Rey)	10	0,31	18,18
			<i>Zygina ordinaria</i> (Ribaut)	115	3,60	54,55
			<i>Zyginidia scutellaris</i> (Herrich-Shäffer)	15	0,47	40,91
Fulgoromorpha	Delphacidae	Delphacinae	<i>Laodelphax striatella</i> (Fallén)	8	0,25	36,36
			<i>Metadelphax propinqua</i> (Fieber)	14	0,44	45,45

Nos cicadelídeos, a família com maior representatividade nas amostras globalmente (98,95% dos indivíduos capturados), os Typhlocybinæ foram a subfamília mais importante correspondendo a 89,36% dos indivíduos capturados. Relativamente à dominância das espécies, observou-se um grande destaque para *Asymmetrasca decedens* (Paoli) e *Empoasca solani* (Curtis), 54,67% e 27,58%, respectivamente. As espécies constantes, no geral, foram *Agallia consobrina* Curtis, *Anaceratagallia laevis* (Ribaut), *A. decedens*, *E. solani*, *Euscelidius variegatus* (Kirschbaum), *Laodelphax striatella*

(Fallén), *Metadelphax propinqua* (Fieber), *Zygina ordinaria* (Ribaut) e *Zyginidia scutellaris* (Herrich – Schäffer) (Anexo D - Tabela D.1).

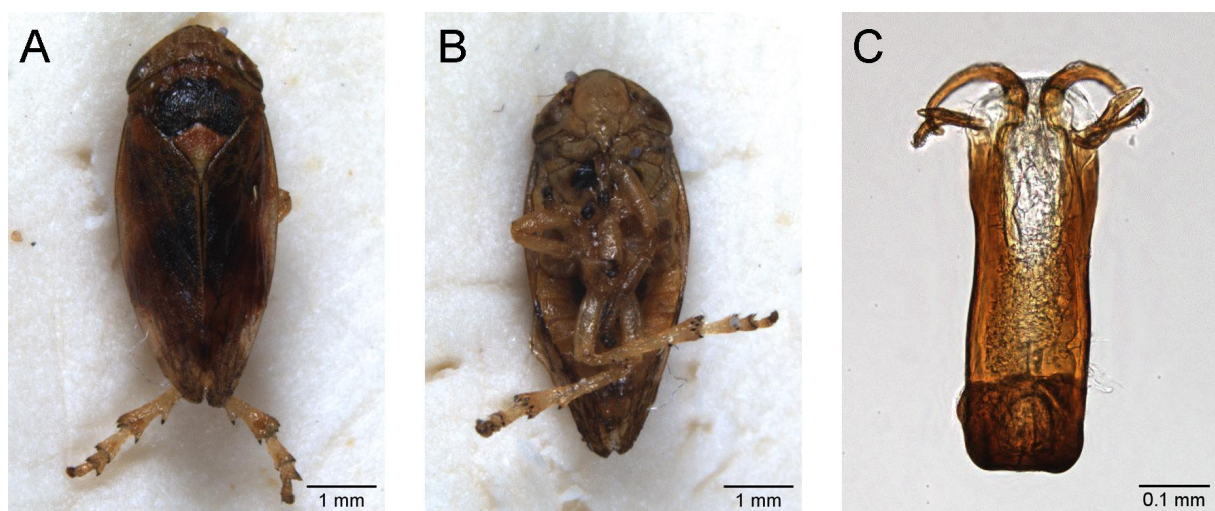
*Asymmetrasca decedens* e *E. solani* foram as espécies dominantes nos dois pomares e também as mais constantes. Em Louriçal do Campo, *A. decedens* teve uma dominância bastante superior a *E. solani* (Tabela 3.1), contudo tiveram frequências muito próximas neste pomar (>80%). Por outro lado, em Póvoa de Atalaia, *A. decedens* e *E. solani* tiveram uma dominância semelhante (cerca de 38%), podendo ser consideradas co-dominantes. No entanto, *E. solani* foi mais constante (86,36%) do que *A. decedens* que apenas ocorreu em metade das datas. Em Louriçal do Campo, existem 4 espécies constantes (*A. decedens*, *E. solani*, *A. consobrina* e *Z. ordinaria*), 4 espécies acessórias e 15 acidentais. No pomar Póvoa de Atalaia, há 5 espécies constantes (*E. solani*, *A. consobrina*, *Z. scutellaris*, *A. decedens* e *E. variegatus*), 4 acessórias e 21 acidentais.

**Tabela 3.2** - Abundância, dominância e frequência de Auchenorrhyncha colectados no pomar Póvoa de Atalaia em Castelo Branco. N: Abundância, número de indivíduos capturados; D (%): Dominância, proporção da abundância de uma espécie em relação à abundância de todas as espécies; F (%): Frequência, proporção de datas em que uma espécie foi encontrada.

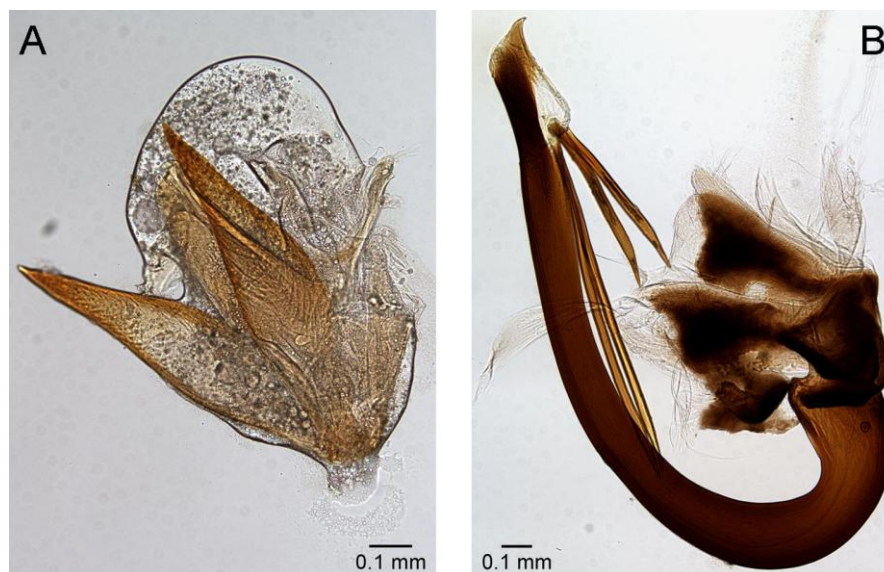
Sub-ordem	Família	Sub-família	Espécie	Nº	D (%)	F (%)
Cicadomorpha	Aphrophoridae	-	<i>Philaenus spumarius</i> (Linnaeus)	3	0,19	13,64
	Cicadellidae	Agalliinae	<i>Agallia consobrina</i> Curtis	113	7,13	59,09
			<i>Anaceratagallia laevis</i> (Ribaut)	16	1,01	45,45
		Aphrodinae	<i>Aphrodes makarovi</i> Zachvatkin	20	1,26	18,18
		Deltocephalinae	<i>Deltocephalinae</i> sp. A	1	0,06	4,55
			<i>Errastunus ocellaris</i> (Fallén)	1	0,06	4,55
			<i>Euscelidius variegatus</i> (Kirschbaum)	22	1,9	50,00
			<i>Neoaliturus fenestratus</i> (Herrich-Shäffer)	3	0,19	9,09
			<i>Psammotettix</i> sp.	1	0,06	4,55
			<i>Sardius argus</i> (Marshall)	1	0,06	4,55
		Megophthalminae	<i>Megophthalmus scrabipennis</i> Edwards	1	0,06	4,55
		Typhlocybinae	<i>Arboridia parvula</i> (Boheman)	4	0,25	18,18
			<i>Asymmetrasca decedens</i> (Paoli)	608	38,36	50,00
			<i>Empoasca decipiens</i> Paoli	26	1,64	22,73
			<i>Empoasca solani</i> (Curtis)	617	38,93	86,36
			<i>Fruticidia bisignata</i> (Mulsant & Rey)	1	0,06	4,55
			<i>Hautpidia maroccana</i> (Melichar)	6	0,38	13,64
			<i>Jacobiasca lybica</i> (Bergevin & Zanon)	5	0,32	4,55
			<i>Lindbergina aurovittata</i> (Douglas)	1	0,06	4,55
			<i>Ribautiana cruciata</i> (Ribaut)	1	0,06	4,55
			<i>Ribautiana debilis</i> (Douglas)	1	0,06	4,55
			<i>Ribautiana</i> sp.	1	0,06	4,55
			<i>Typhlocybinae</i> sp. A	1	0,06	4,55
			<i>Zygina lunaris</i> (Mulsant & Rey)	1	0,06	4,55
			<i>Zygina nivea</i> (Mulsant & Rey)	7	0,44	18,18
			<i>Zygina ordinaria</i> (Ribaut)	84	5,30	45,45
			<i>Zyginidia scutellaris</i> (Herrich-Shäffer)	17	1,07	59,09
Fulgoromorpha	Cixiidae	Cixiinae	<i>Hyalesthes obsoletus</i> Signoret	2	0,13	4,55
	Delphacidae	Delphacinae	<i>Laodelphax striatella</i> (Fallén)	13	0,82	40,91
			<i>Metadelphax propinqua</i> (Fieber)	7	0,44	27,27

É de se referir a presença de espécies que são potenciais vectores noutras países em diferentes culturas, como por exemplo vinha, cenoura, batata e tomate. As espécies *Aphrodes makarovi* Zachvatkin, *Cicadella viridis* (Linnaeus), *Empoasca decipiens* Paoli, *Errastunus ocellaris* (Fallén), *Laodelphax striatella*, *Neoliturus fenestratus* (Herrich-Shäffer) e *Philaenus spumarius* (Linnaeus) são potenciais vectores de "*Candidatus* Phytoplasma solani". Estão ainda confirmados como vectores deste fitoplasma *Euscelidius variegatus* e *Hyalesthes obsoletus* Signoret. Adicionalmente, *E. ocellaris*, *L. striatella* e *P. spumarius* são, também, potenciais vectores de "*Candidatus* Phytoplasma asteris". Estão confirmados como vectores deste último fitoplasma as espécies *E. decipiens*, *E. variegatus* e *N. fenestratus* (Šafářová *et al.*, 2018).

Apesar de capturados em número reduzido, é de salientar a ocorrência de *Cercopis intermedia* Kirschbaum (um indivíduo), *Philaenus spumarius* (5 indivíduos) e *Cicadella viridis* (um indivíduo) (Fig. 3.1 e 3.2) por serem espécies especialistas da seiva xilémica e, por isso, são consideradas como vectores potenciais de *Xylella fastidiosa*, bactéria fitopatogénica emergente na Europa, detectada no Norte de Portugal que, entre outras plantas, causa doença no pessegueiro (Redak *et al.*, 2004; DGAV, 2019a). Quanto a *P. spumarius*, a sua competência como vector de *X. fastidiosa* já foi demonstrada diversas vezes (Severin, 1950; Saponari *et al.*, 2014; Cornara *et al.*, 2016, 2017) mas apenas recentemente Bodino *et al.* (2019) observaram que *C. viridis* consegue adquirir e transmitir a bactéria, ainda que esta aquisição tenha sido apenas possível através de um meio artificial e a transmissão tenha uma baixa eficiência.

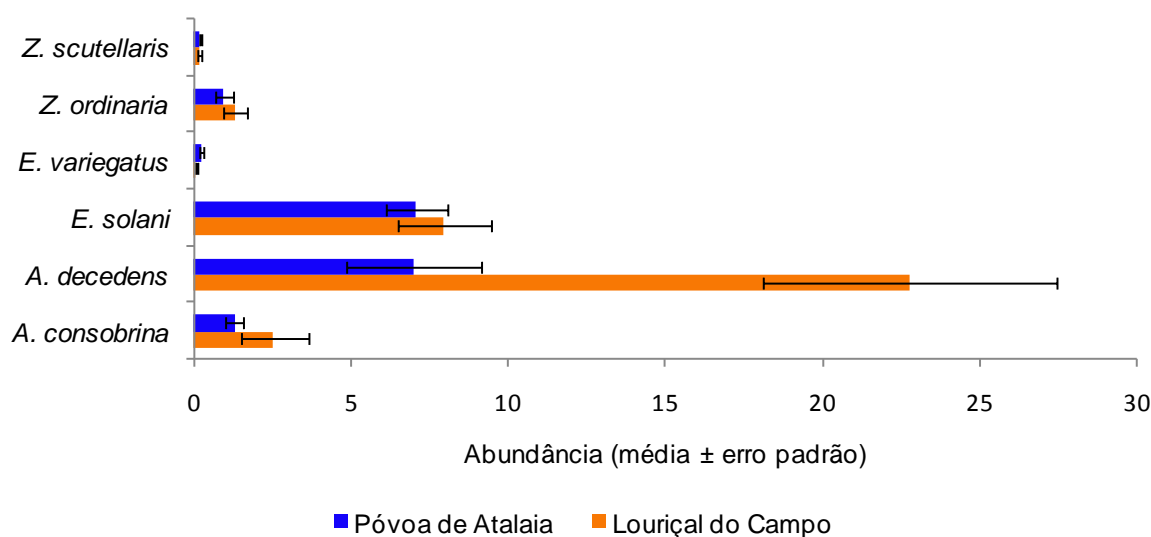


**Figura 3.1** - Adultos de *Philaenus spumarius* (Linnaeus) vista dorsal (A), ventral (B) e genitália do macho (C). Originais da autora.



**Figura 3.2** - Genitálias dos machos de *Cicadella viridis* (Linnaeus) (A) e *Cercopis intermedia* Kirschbaum (B). Originais da autora.

Analisando as espécies que se consideram dominantes e/ou constantes, observou-se que a abundância média de *A. decedens* é cerca de 23 indivíduos por placa para o pomar Louriçal do Campo, enquanto em Póvoa de Atalaia apenas surgem 7 exemplares. Também *A. consobrina* e *E. solani* apresentaram uma maior abundância média no pomar Louriçal do Campo. As restantes espécies surgiram com uma abundância inferior a 2 e semelhante entre os pomares (Fig. 3.3).



**Figura 3.3** - Abundância média de espécies dominantes e/ou constantes com o erro padrão associado nos dois pomares.

O teste de Wilcoxon indicou que a abundância de *A. decedens* ( $z=-3,7018$ ,  $p=0,0002$ ) e de *Euscelidius variegatus* ( $z=2,6063$ ,  $p=0,0083$ ) foram significativamente diferentes entre os pomares, considerando um nível de significância de 0,05, havendo uma maior abundância de *A. decedens* em Louriçal do Campo e de *E. variegatus* em Póvoa de Atalaia. Não houve diferenças significativas na abundância média entre os pomares (Anexo E - Tabela E.1) para as restantes espécies representadas na figura 3.3.

As curvas de rarefacção de espécies quer em relação ao esforço de amostragem (datas) quer em relação à abundância não mostraram uma tendência assintótica (Fig. 3.4) para o pomar Póvoa de Atalaia, o que significa que o esforço de amostragem, provavelmente, foi insuficiente para detectar a

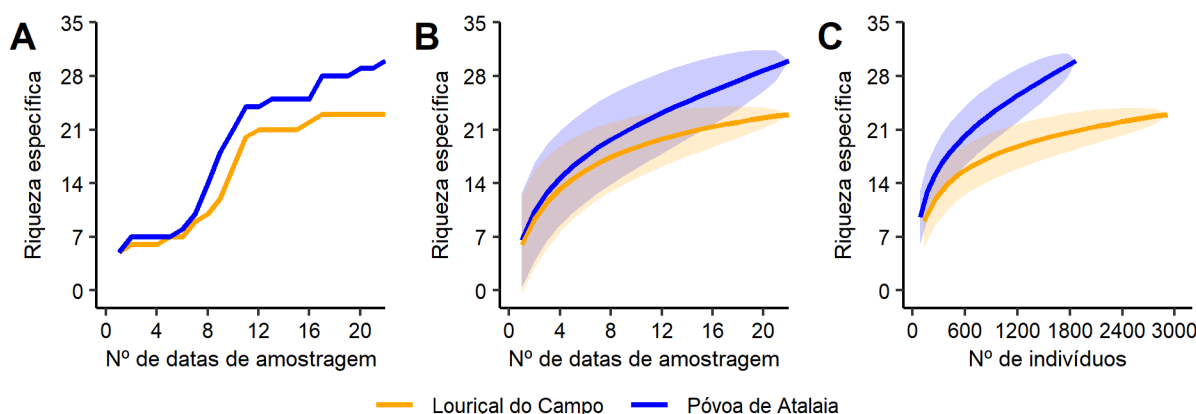
maioria das espécies da comunidade de Auchenorrhyncha presentes. Esta dedução é sustentada pelos valores de riqueza específica estimados, segundo diferentes estimadores (Chao2, Jackknife1 e Jackknife2), que são superiores ao número de espécies observadas (Tabela 3.3). Existe um grande erro associado ao estimador Chao2 para Póvoa de Atalaia pelo que se fazem apenas considerações sobre os valores dos outros estimadores mais fiáveis por terem uma menor variação associada à estimativa. As estimativas de riqueza específica para este pomar variam entre 43 (Jackknife1) e 55 (Jackknife2) espécies, indicando que ficaram pelo menos 13 espécies por detectar. Para Louriçal do Campo, as estimativas de riqueza específica são ligeiramente superiores à observada e variam entre 26 (Chao2) e 29 (Jackknife2) espécies, indicando que ficaram por detectar pelo menos 3 espécies. As curvas de rarefacção para este pomar tomam um declive positivo próximo de zero para valores de esforço de amostragem maiores, indicando que a amostragem terá sido suficiente para detectar a maioria das espécies presentes no pomar, o que é consolidado pelos valores dos estimadores de riqueza específica para este pomar que são ligeiramente superiores ao número de espécies observadas.

Uma vez que a diferença foi maior no pomar Póvoa de Atalaia do que Louriçal do Campo, pode-se afirmar que a comunidade de Auchenorrhyncha ficou melhor caracterizada para Louriçal do Campo e que, por outro lado, Póvoa de Atalaia apresenta uma maior diversidade, tal como observado nesta amostragem. A ausência de potenciais espécies pode dever-se a diversos factores, como o facto da diversidade variar ao longo do próprio ano e entre anos; a amostragem ter ocorrido apenas entre Abril e Setembro, apesar da época mais favorável para amostragem de insectos quer em termos de abundância quer em termos de diversidade ser Primavera/Verão; e existirem apenas 4 placas para cada pomar, o que não abrangeu todo o terreno nem a envolvente dos pomares.

**Tabela 3.3** – Estimativa da riqueza específica de Auchenorrhyncha nos dois pomares amostrados de acordo com três estimadores (Chao 2, Jackknife 1 e Jackknife 2) baseados em dados de incidência.

Pomar	S <sub>Obs</sub>	Chao2		Jackknife 1		Jackknife2	
		S <sub>Est</sub> ± SE	PTR (%)	S <sub>Est</sub> ± SE	PTR (%)	S <sub>Est</sub>	PTR (%)
LC	23	25,98 ± 3,51	112,97	27,77 ± 2,13	120,75	28,85	125,46
PA	30	123,55 ± 106,51	411,82	43,36 ± 5,29	144,55	55,23	184,08

S<sub>Obs</sub> – Riqueza específica observada; S<sub>Est</sub> – Riqueza específica estimada; SE – Erro-padrão; PTR – *Percentage of True Richness*; LC – Louriçal do Campo; PA – Póvoa de Atalaia.

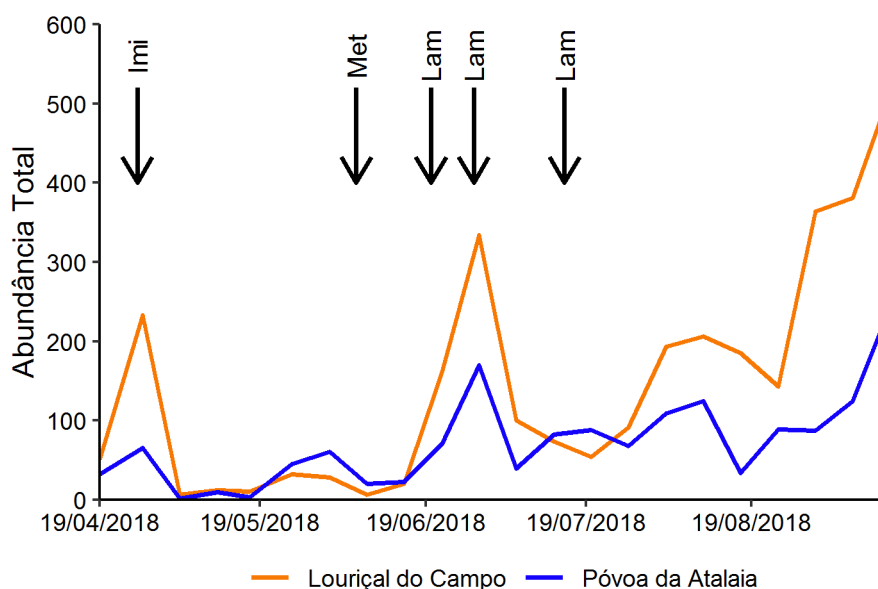


**Figura 3.4** - Curvas de acumulação e rarefacção de espécies para os dois pomares estudados. **A** – Curvas de acumulação de espécies com base nas datas de amostragem por ordem cronológica. **B** – Curvas de rarefacção de espécies baseadas em esforço de amostragem, aqui considerado como a quantidade de datas de amostragem. **C** – Curvas de rarefacção baseadas no número de indivíduos. Os envelopes correspondem ao intervalo de confiança 95%.



### 3.2. Evolução de Auchenorrhyncha

Analisando a figura 3.5, verificou-se uma flutuação na quantidade de indivíduos Auchenorrhyncha capturados ao longo do tempo de amostragem, existindo máximos pronunciados e mínimos quase nulos. Louriçal do Campo apresentou-se com uma maior variação de indivíduos temporalmente, variando de 6 a 515 exemplares. Por outro lado, Póvoa de Atalaia apresentou-se com valores entre 1 e 244. Estes mínimos e máximos surgiram em iguais datas para ambos os pomares, 4 de Maio e 14 de Setembro, respectivamente.



**Figura 3.5** - Abundância total de Auchenorrhyncha ao longo do período de amostragem para ambos os pomares com os tratamentos fitossanitários aplicados. Imi: imidaclopride; Met: metilclorpirifos; Lam: lambda-ciatrolina.

Existiu um primeiro máximo de capturas a 27 de Abril, o que é mais evidenciado no pomar Louriçal do Campo. Na semana posterior, observou-se um decréscimo abrupto de capturas, apenas 7 indivíduos recolhidos. Esta variação na quantidade de Auchenorrhyncha coincide com a aplicação de imidaclopride (Imi), o que sugere uma influência na população existente nos pomares. Este decréscimo abrupto de Auchenorrhyncha após a aplicação do insecticida sistémico também foi registado para outros grupos (Heteroptera, Parasitica, Coccinellidae) capturados nas placas. Ao observar as Tabelas 2.1 e 2.2, verificou-se que este insecticida apenas foi aplicado nas cultivares de pessegueiros "Tirrenia" e "Rich Lady", as quais não correspondem às das placas e somente "Tirrenia" existe no pomar Louriçal do Campo. Assim, não se pode assegurar que este insecticida tenha influenciado os indivíduos recolhidos, podendo existir vários factores associados a este declínio de capturas, nomeadamente, a manipulação de máquinas nos pomares e o movimento dos insectos entre os diversos pomares e a envolvente dos mesmos.

Desde o início de Maio até final de Junho as capturas mantiveram-se em valores inferiores a 100 indivíduos por data. A 29 de Junho existiu um segundo máximo, mais pronunciado do que o primeiro, com 334 indivíduos para Louriçal do Campo e 170 no pomar Póvoa de Atalaia. No início de Junho tinha sido aplicado metilclorpirifos (Met) às nectarinas, "Honey Royal" e "Luciana", para combater a cochonilha São José. Este insecticida é um organofosforado que actua por contacto e ingestão (DGAV, 2019b) e não foi aplicado nas cultivares em que as armadilhas cromotrópicas se encontravam. A curva de abundância total de Auchenorrhyncha sugere que este insecticida não afectou os indivíduos

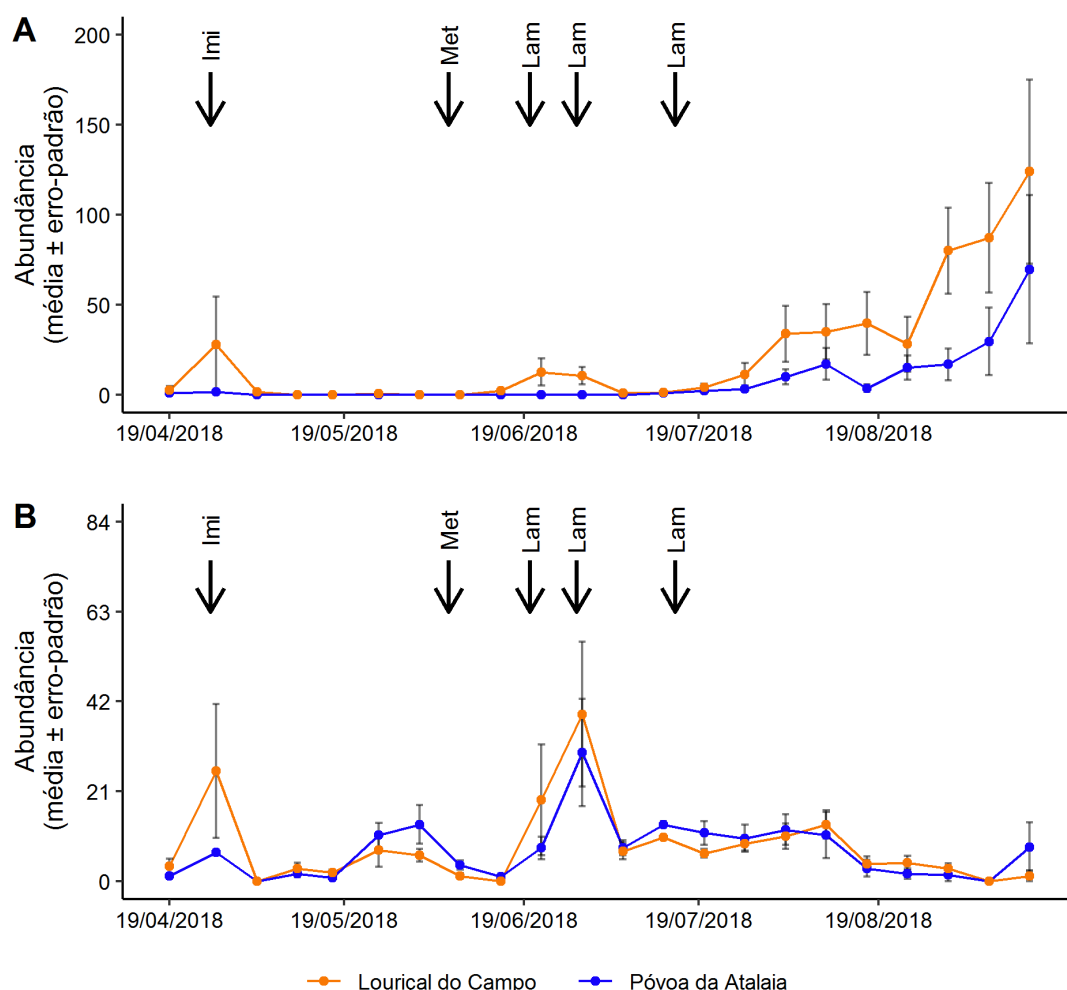


estudados. Antes do tratamento, as quantidades de exemplares recolhidos eram relativamente baixas e, posteriormente, existiu um segundo máximo de insectos recolhidos.

De 20 Junho a 15 Julho foram efectuadas 3 aplicações de lambda-ciatrolina (Lam), coincidindo com o segundo máximo de capturas de *Auchenorrhyncha*. Surgiu uma diminuição de indivíduos após a segunda aplicação deste piretróide que actua por ingestão e contacto (DGAV, 2019b), o que poderia ter influenciado as populações nos pomares, uma vez que quase todas as cultivares de pessegueiros sofreram este tratamento. Após a terceira aplicação deste insecticida, o nível de capturas manteve-se baixo, com valores inferiores a 100 indivíduos por data e por pomar. Nas semanas seguintes, existiu uma flutuação na quantidade de indivíduos recolhidos. Louriçal do Campo apresentou valores entre 100 e 200 indivíduos por data, enquanto no pomar da Póvoa de Atalaia a flutuação ocorreu entre 35 e 125 exemplares. No final de Agosto, observou-se um aumento dos indivíduos de *Auchenorrhyncha*, atingindo o máximo na última data de amostragem. Uma vez que a recolha de exemplares foi terminada a 14 de Setembro, não se sabe se as capturas iriam continuar a aumentar, manter-se ou se ocorreria um decréscimo.

Numa outra abordagem, analisou-se apenas as cigarrinhas verdes, *Asymmetrasca decedens* e *Empoasca solani*, por serem as que se apresentaram em maior quantidade, correspondendo a 82% de todos os indivíduos colectados. Adicionalmente, verificou-se uma semelhança nas curvas de abundância de *E. solani* e a total dos indivíduos capturados até início de Agosto. Posteriormente a esta data, *E. solani* decresceu e surgiu *A. decedens* (Fig. 3.6).

Analisando primeiramente a curva de abundância média de *E. solani* (Fig. 3.6B), existiu um primeiro máximo a 27 de Abril no pomar Louriçal do Campo com 25 indivíduos por placa. Verificou-se uma aplicação de imidaclopride (Imi) e a quantidade de indivíduos diminuiu de forma abrupta. Contudo, como discutido anteriormente, este insecticida foi aplicado em cultivares de pessegueiros que não correspondem às placas e apenas "Tirrenia" está presente neste pomar. A partir desta data, as flutuações na população de *E. solani* nos dois pomares foi semelhante, mantendo-se em níveis relativamente baixos até final de Maio. De um modo geral, no pomar Louriçal do Campo esta cigarrinha foi mais constante e dominante do que em Póvoa de Atalaia. O maior máximo ocorreu a 29 de Junho, à semelhança do observado na figura 3.5, com 39 indivíduos de *E. solani* no pomar Louriçal do Campo e apenas 30 em Póvoa de Atalaia por placa. Na semana seguinte ocorreu um decréscimo abrupto desta cigarrinha que se manteve até final da amostragem em níveis semelhantes para ambos os pomares, com abundâncias médias inferiores a 13 indivíduos por placa. Não pareceu existir qualquer influência por parte do insecticida metilclorpirifos (Met), porém a curva de abundância média de *E. solani* sugere que a segunda aplicação de lambda-ciatrolina (Lam) influenciou a população desta cigarrinha-verde, tendo sido aplicado em todas as cultivares, à excepção de "Diamond Princess".



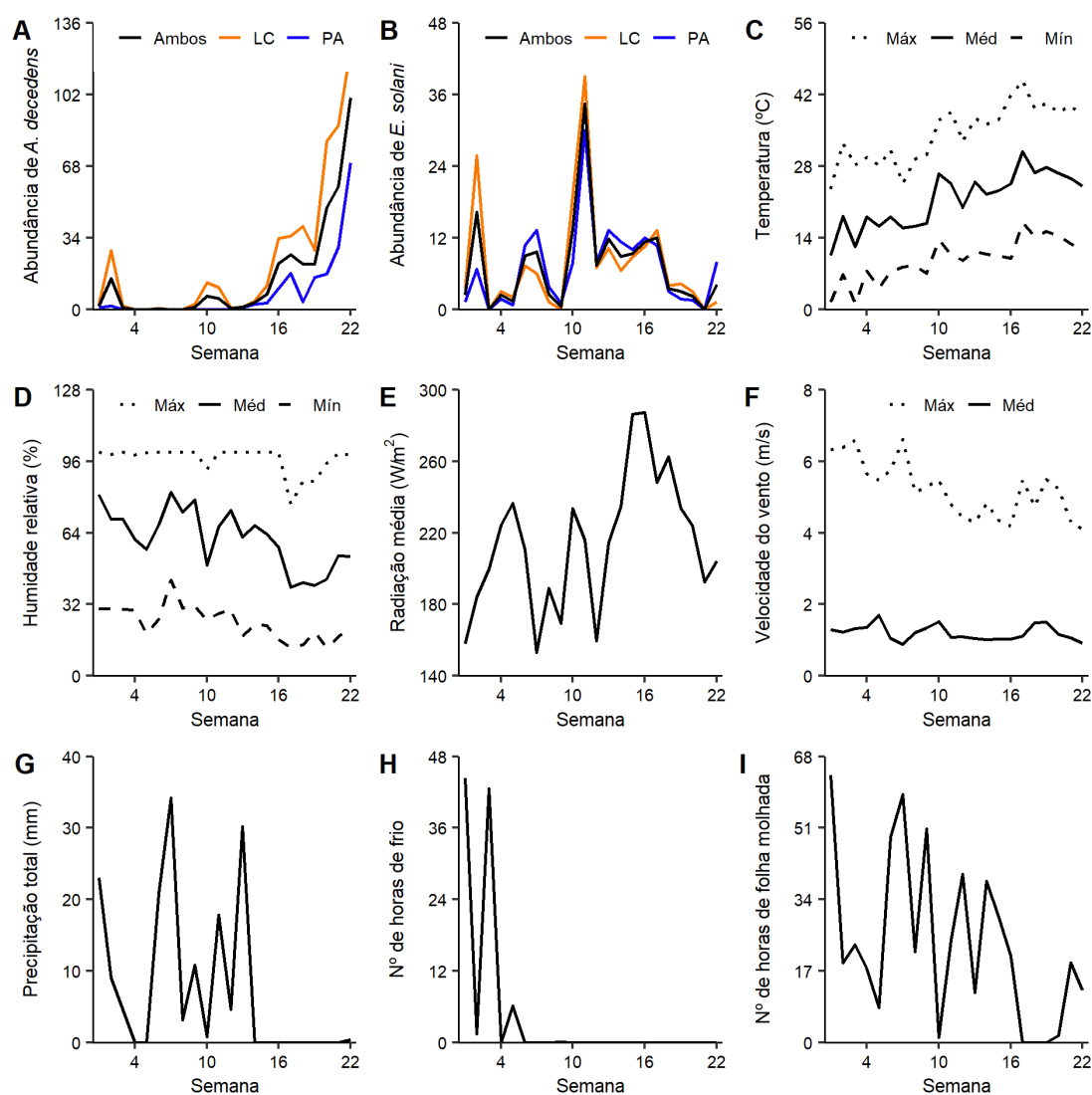
**Figura 3.6** - Abundância média das espécies *Asymmetrasca decedens* (Paoli) (A) e *Empoasca solani* (Curtis) (B) ao longo do período de amostragem para ambos os pomares com os tratamentos fitossanitários aplicados. Imi: imidaclopride; Met: metilclorpirifos; Lam: lambda-ciatrolina.

A flutuação da população de *Asymmetrasca decedens* (Fig. 3.6A) foi mais suave até início de Agosto, ocorrendo apenas um máximo a 27 de Abril com 27 indivíduos por placa no pomar Louriçal do Campo. Foram capturados ocasionalmente alguns indivíduos desta cigarrinha em ambos os pomares até início de Agosto. A partir desta data, a população de *A. decedens* aumentou nos pomares, atingindo o seu pico máximo a 14 de Setembro, data final de amostragem com 124 indivíduos por placa no pomar Louriçal do Campo e 70 exemplares para Póvoa de Atalaia. Como a recolha de exemplares terminou quando se observou um maior pico de *A. decedens*, não se sabe quando esta desaparece dos pomares, se existiriam mais flutuações populacionais ou se continuaria a aumentar o seu número de indivíduos. Alvarado *et al.* (1994) e Jacas *et al.* (1997), observaram, em Espanha, que *A. decedens* migra para plantas hospedeiras "preferenciais", como pessegueiro e amendoeira, quando as condições climáticas são favoráveis, atingindo máximos populacionais em Maio e Agosto. Também na Turquia, Başpınar *et al.* (2013), observaram adultos durante quase todo o ano em redor dos pomares de romãzeiras, com densidades populacionais maiores em Maio e Outubro. Tanto nos pomares Póvoa de Atalaia como Louriçal do Campo foram colocadas apenas armadilhas cromotrópicas nos pomares e não na sua envolvente, o que poderia ter fornecido mais informação acerca quer da comunidade de Auchenorrhyncha quer da actividade de *Asymmetrasca decedens*. Tendo em conta que estes pomares têm na sua envolvente outros pomares, poderá ter existido uma maior migração de cigarrinhas para esses mesmos pomares, em vez dos de estudo.

Até final de Julho observou-se uma maior abundância por parte de *E. solani*, surgindo, posteriormente, *Asymmetrasca decedens*. À semelhança, Mazzoni *et al.* (2001) verificaram, em vinha em Itália, que *E. solani* surge primeiramente e só posteriormente aparece *Empoasca decipiens*. Esta diferença pode ter a ver com os requisitos ecológicos de *A. decedens* e *E. solani* serem diferentes, o que pode ocorrer para minimizar a competição entre elas. Deste modo, seria importante determinar se os danos observados nos pessegueiros estão associados apenas a *A. decedens* ou se *E. solani* tem um impacto significativo.

### 3.3. Relação de variáveis climáticas e população de cigarrinhas verdes

Os períodos de ocorrência de *Asymmetrasca decedens* e *Empoasca solani* nos pomares foram diferentes, tendo *E. solani* ocorrido ao longo de todo o período de amostragem e *A. decedens* apenas aparecido numa fase mais tardia, a partir de Agosto. Uma vez que o ciclo de vida dos insectos é influenciado por variáveis climáticas, procurou-se avaliar a forma como as condições climáticas ocorridas ao longo do tempo na área de estudo influenciaram as populações de *A. decedens* e de *E. solani*, as espécies dominantes nos pomares estudados (Fig.3.7).



**Figura 3.7** - Abundância total de *Asymmetrasca decedens* (Paoli) (A) e *Empoasca solani* (Curtis) (B) para os pomares Louriçal do Campo (laranja) e Póvoa de Atalaia (azul) e a média para ambos os pomares (preto) e factores climáticos: temperatura (C), humidade relativa (D), radiação média (E), velocidade do vento (F), precipitação total (G), nº de horas de frio total (H) e nº de horas de folha molhada (I).

Em primeira análise, observou-se que nas últimas 6 semanas de amostragem a temperatura máxima atingiu valores entre 40°C e 42°C e a humidade relativa diminuiu, coincidindo com o crescimento da densidade populacional de *A. decedens* em ambos os pomares. Para *Empoasca solani* colocou-se a hipótese de que surgisse quando a precipitação era maior (Fig. 3.7). Assim, analisou-se as correlações entre as populações de *Asymmetrasca decedens* e *Empoasca solani* e as variáveis climáticas.

Os valores de correlações cruzadas (Anexo B - Tabelas B.2 e B.3) entre as populações de *Asymmetrasca decedens* e *Empoasca solani* e os lags correspondentes são apresentados nas Figuras 3.8 e 3.9. As variáveis climáticas com relações de interdependência com a abundância média de *A. decedens* e de *E. solani* foram diferentes.

Para *A. decedens*, todas as variáveis climáticas testadas apresentaram coeficientes de correlação significativamente diferentes de zero ( $p \leq 0.05$ ), excepto a velocidade média do vento, a precipitação total e o número de horas de frio. Das variáveis com correlações significativas, a radiação média e as temperaturas máxima, média e mínima estão positivamente associadas à abundância de *A. decedens*, enquanto as restantes têm valores de correlação negativos. Os lags correspondentes aos picos do coeficiente de correlação com a abundância média de *A. decedens* (Tabela 3.4) nos pomares Louriçal do Campo, Póvoa de Atalaia e ambos foram de 3 semanas para a temperatura mínima, humidade relativa média e máxima; de 5 semanas para a temperatura máxima; e de 6 semanas para a radiação média e a velocidade máxima do vento. A temperatura é um factor que tem influência no ciclo de vida de *A. decedens* uma vez que com o aumento desta, a abundância desta cigarrinha-verde também aumentou, o que tem sido corroborado por outros estudos. Por exemplo, foi observado que a temperatura média entre 30-35°C e humidade relativa a cerca de 80%, *A. decedens* rapidamente colonizava os campos de algodoeiro (Atakan, 2011) e que esta cigarrinha completa o seu ciclo biológico (desde a eclosão até adulto) a temperaturas compreendidas entre 12 e 27°C em 56 e 11 dias, respectivamente, quando o dia é longo. Caso a temperatura seja irregular mas a média cerca de 25°C, em 15 dias após a sua eclosão, a cigarrinha torna-se adulto (Torres *et al.*, 2002).

**Tabela 3.4** - Lags correspondentes aos valores máximos em módulo dos coeficientes de correlação de Pearson significativamente diferentes de zero ( $p \leq 0.05$ ) entre a abundância média das espécies dominantes de cigarrinhas verdes (nos pomares LC – Louriçal do Campo; PA – Póvoa de Atalaia; e ambos) e as variáveis climáticas estudadas com lags entre 0 e 7 semanas anteriores (daí o valor negativo do lag) à amostragem.

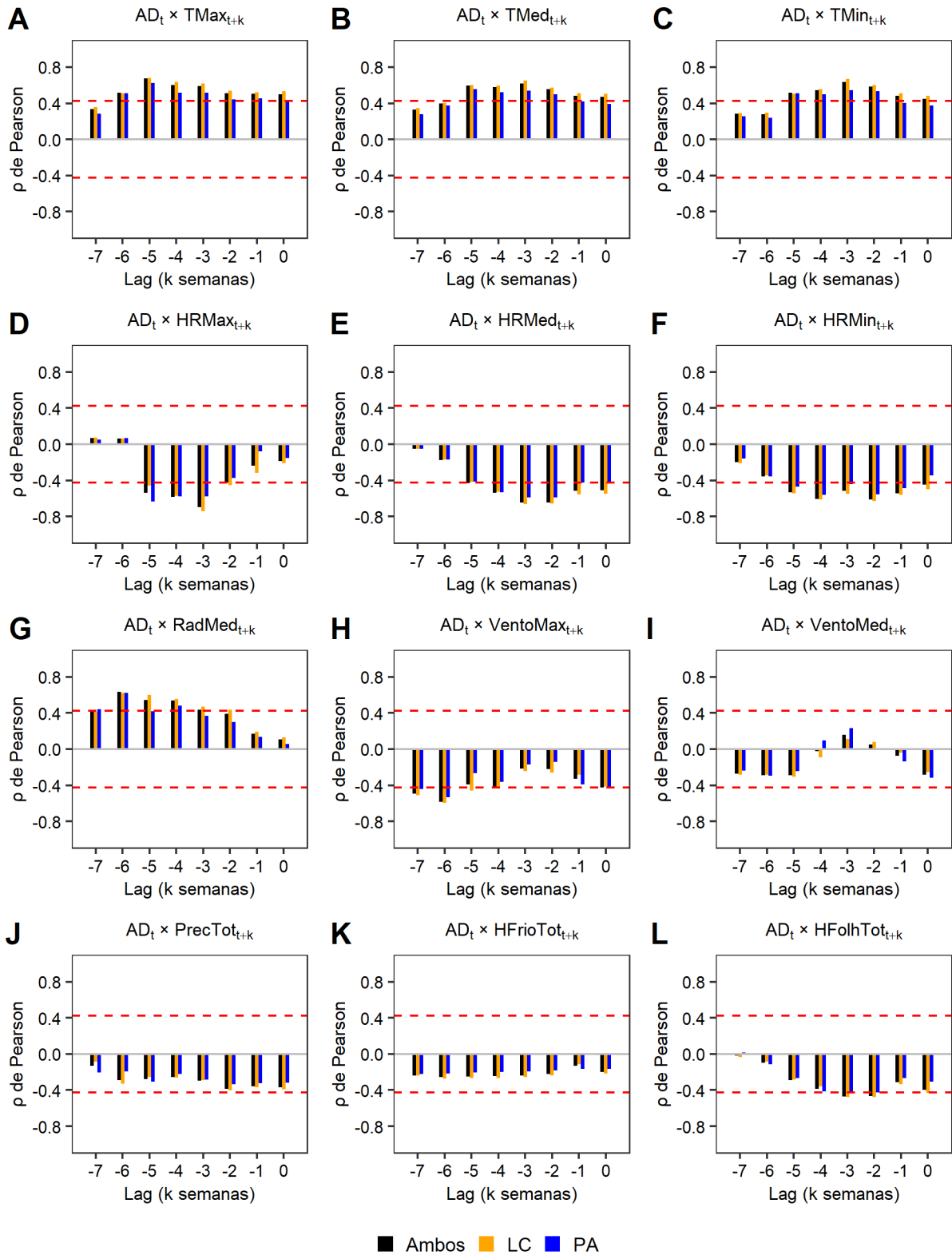
Espécie	<i>Asymmetrasca decedens</i>						<i>Empoasca solani</i>					
	LC		PA		Ambos		LC		PA		Ambos	
	lag	$\rho$	lag	$\rho$	lag	$\rho$	lag	$\rho$	lag	$\rho$	lag	$\rho$
Temperatura máxima	-5	0.680	-5	0.623	-5	0.673	-	-	-	-	-	-
Temperatura média	-3	0.650	-5	0.555	-3	0.621	-	-	-	-	-	-
Temperatura mínima	-3	0.668	-3	0.543	-3	0.635	-	-	-	-	-	-
Humidade relativa máxima	-3	-0.740	-3	-0.632	-3	-0.697	-	-	-	-	-	-
Humidade relativa média	-3	-0.661	-3	-0.590	-3	-0.648	-	-	-	-	-	-
Humidade relativa mínima	-2	-0.630	-4	-0.562	-2	-0.614	-4	0.506	-4	0.602	-4	0.582
Radiação média	-6	0.626	-6	0.621	-6	0.636	-4	-0.447	-4	-0.539	-4	-0.517
Velocidade máxima do vento	-6	-0.595	-6	-0.531	-6	-0.582	-	-	-	-	-	-
Velocidade média do vento	-	-	-	-	-	-	-6	0.469	0	-0.535	-6	0.489
Precipitação total	-	-	-	-	-	-	-4	0.628	-4	0.529	-4	0.622
Nº total de horas de frio total	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Nº total de horas de folha molhada	-2	-0.478	-3	-0.430	-3	-0.469	-	-	-	-	-	-

Para *E. solani*, as variáveis climáticas com coeficientes de correlação significativamente diferentes de zero ( $p \leq 0.05$ ) foram a humidade relativa mínima, a radiação média, a velocidade média do vento e a precipitação total. Destas variáveis, a humidade relativa mínima e a precipitação total têm uma relação positiva com a abundância de *E. solani*, enquanto a radiação média tem uma associação positiva e a velocidade média do vento tem uma relação variável consoante o desfaseamento considerado. O lag mais significativo nos pomares Louriçal do Campo, Póvoa de Atalaia e ambos, isto é, aquele que corresponde ao pico máximo/mínimo dos valores de correlação foi de 4 semanas para a humidade relativa mínima, radiação média e precipitação total (Tabela 3.4). *Empoasca solani* sugere uma dependência da precipitação que ocorre nas quatro semanas anteriores, o que pode justificar a sua grande abundância nas primeiras semanas de amostragem e em Junho/Julho. Esta relação com a humidade foi observada por Lamparski *et al.* (2009) ao estudar o efeito da rega na ocorrência de insectos em cultivares de abóbora, tendo *Empoasca solani* (mencionada como *Empoasca pteridis* Dahlbom) surgido em maior abundância em campos regados do que nos de controlo (não regados).

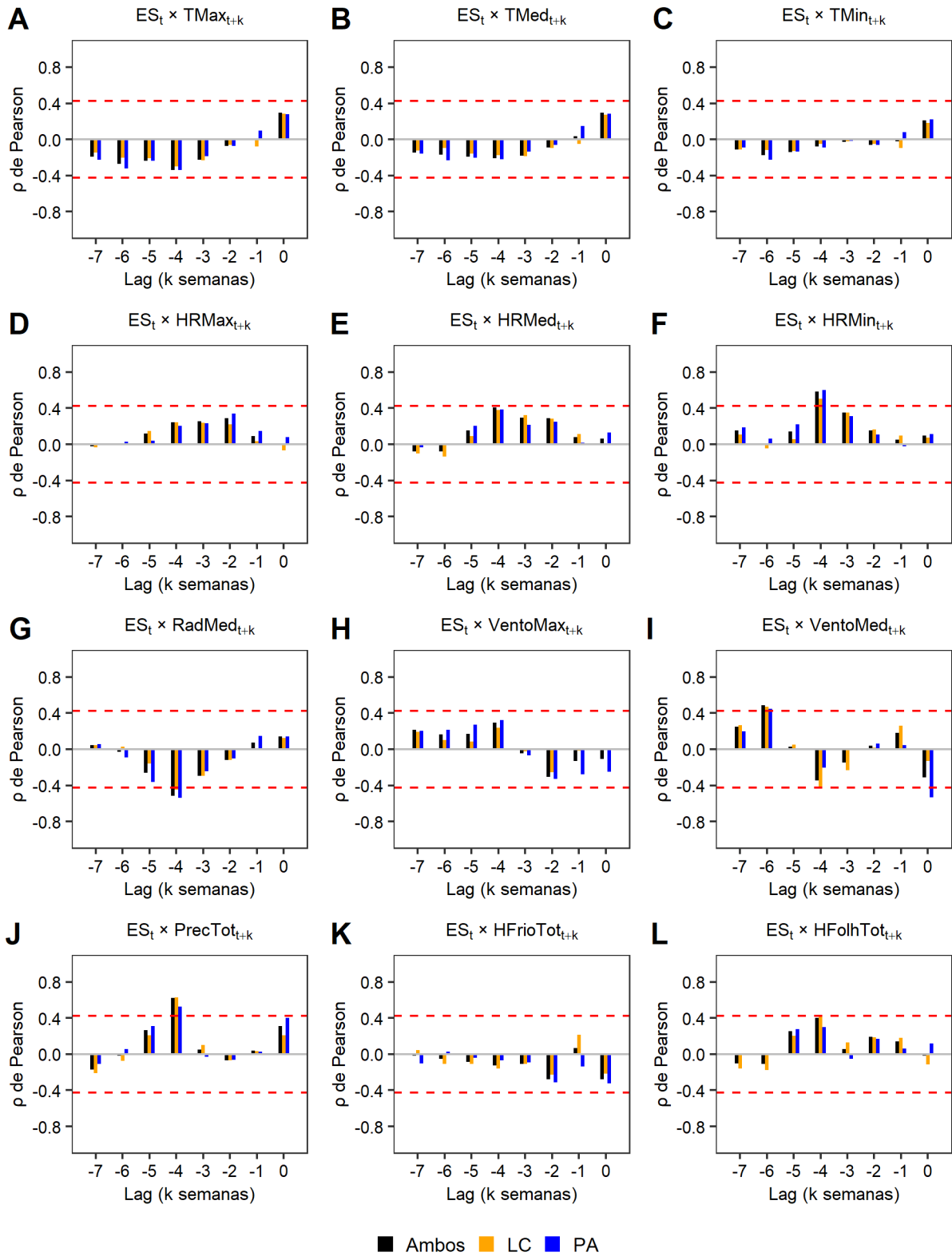
Para além das variáveis climáticas, poderão existir outros factores que influenciem a abundância das cigarrinhas verdes mais capturadas, *A. decedens* e *E. solani*. A envolvente do pomar é um aspecto importante a analisar, pois existem linhas de água e outros hospedeiros, nomeadamente vegetação ripícola e cultivares de outros pomares. Tal como discutido anteriormente, a humidade é um factor com correlação significativa, pelo que analisar espacial e temporalmente as capturas relativas a cada placa para estas cigarrinhas se torna importante.

Ao observar a figura 3.10, notou-se que *Empoasca solani* surgiu, ao longo de toda a amostragem, nas placas que se encontravam no interior do pomar Louriçal do Campo, existindo apenas a data 4 de Maio sem registo. Por outro lado, as placas que capturaram mais indivíduos de *Asymmetrasca decedens* (placas 2 e 4) encontravam-se mais próximas ao rio Ocreza. Quanto ao pomar Póvoa de Atalaia, as quatro placas foram colocadas próximas de charcos disseminados pelo terreno, o que dificulta a análise. No entanto, duas placas destacaram-se na maioria das datas de amostragem (Fig. 3.11). As placas 3 e 4, com maior captura de indivíduos quer de *E. solani* quer de *A. decedens*, encontraram-se mais próximas da linha de água que passa a Este do pomar. Assim, destaca-se a importância de monitorizar a vegetação que envolve ambos os pomares, pois *A. decedens* procura refúgio noutros hospedeiros antes de colonizar os pomares (Alvarado *et al.*, 1994; Jacas *et al.*, 1997; Başpınar *et al.*, 2013; Coutinho *et al.*, 2015).

É de salientar que as placas que sofreram poda em verde a 14 de Agosto são as que apresentaram mais indivíduos de *A. decedens* após esta data para ambos os pomares, estando, em simultâneo perto de linhas de água. No entanto, devido à inexistência de replicados, não se pode estabelecer uma relação, pois este aumento de capturas nestas placas pode dever-se a outro factor que não a poda em verde. Assim, seria importante testar a influência da poda em verde numa zona mais interior dos pomares, sem a influência das linhas de água.

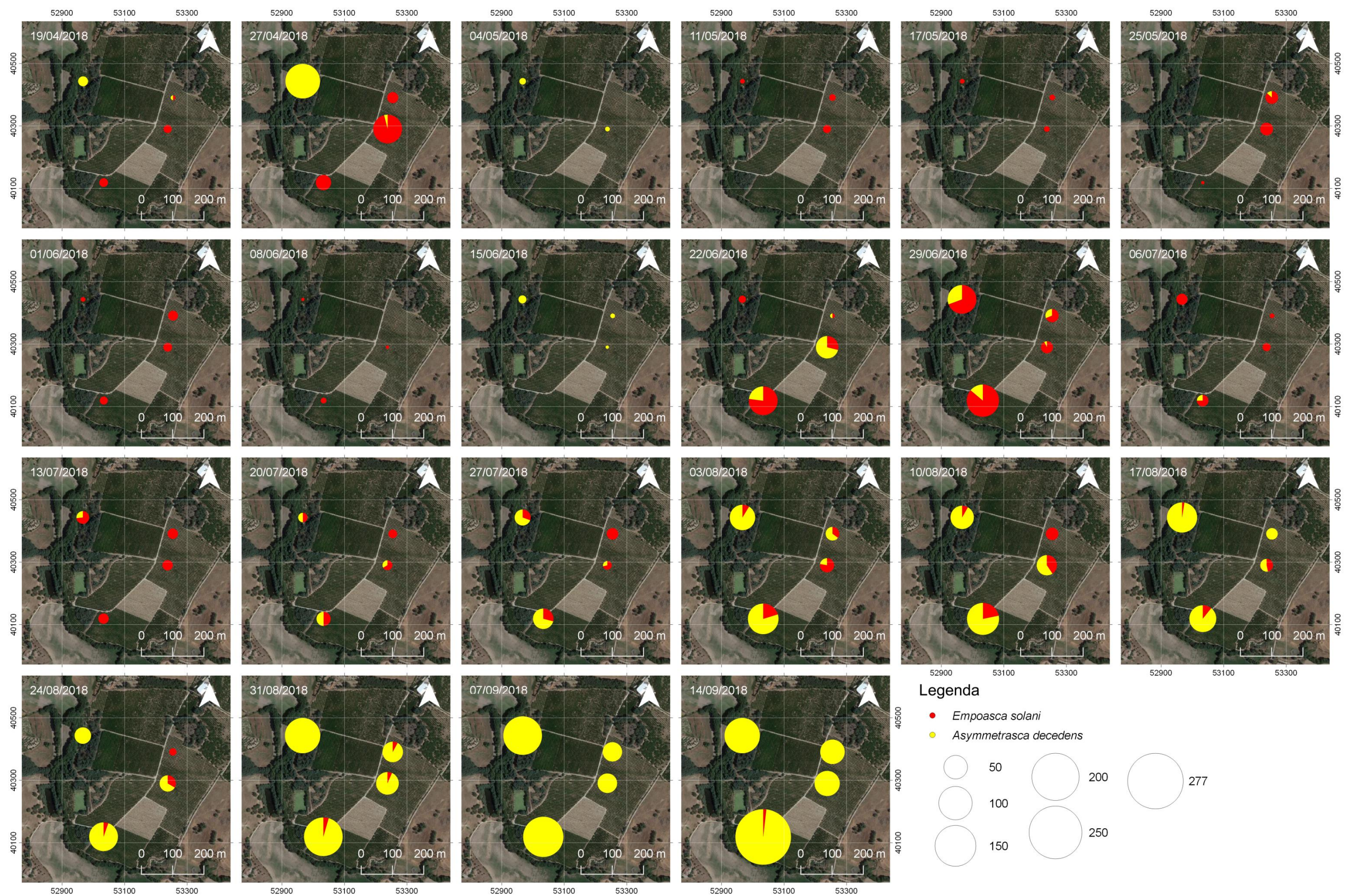


**Figura 3.8** - Correlação entre a população de *Asymmetrasca decedens* (Paoli) e temperaturas máxima, média e mínima (A-C), humidade relativa máxima, média e mínima (D-F), radiação média (G), velocidade do vento máxima e mínima (H e I), precipitação total (J), número de horas de frio total (K) e de folha molhada (L) para ambos os pomares, Louriçal do Campo (LC) e Póvoa de Atalaia (PA).



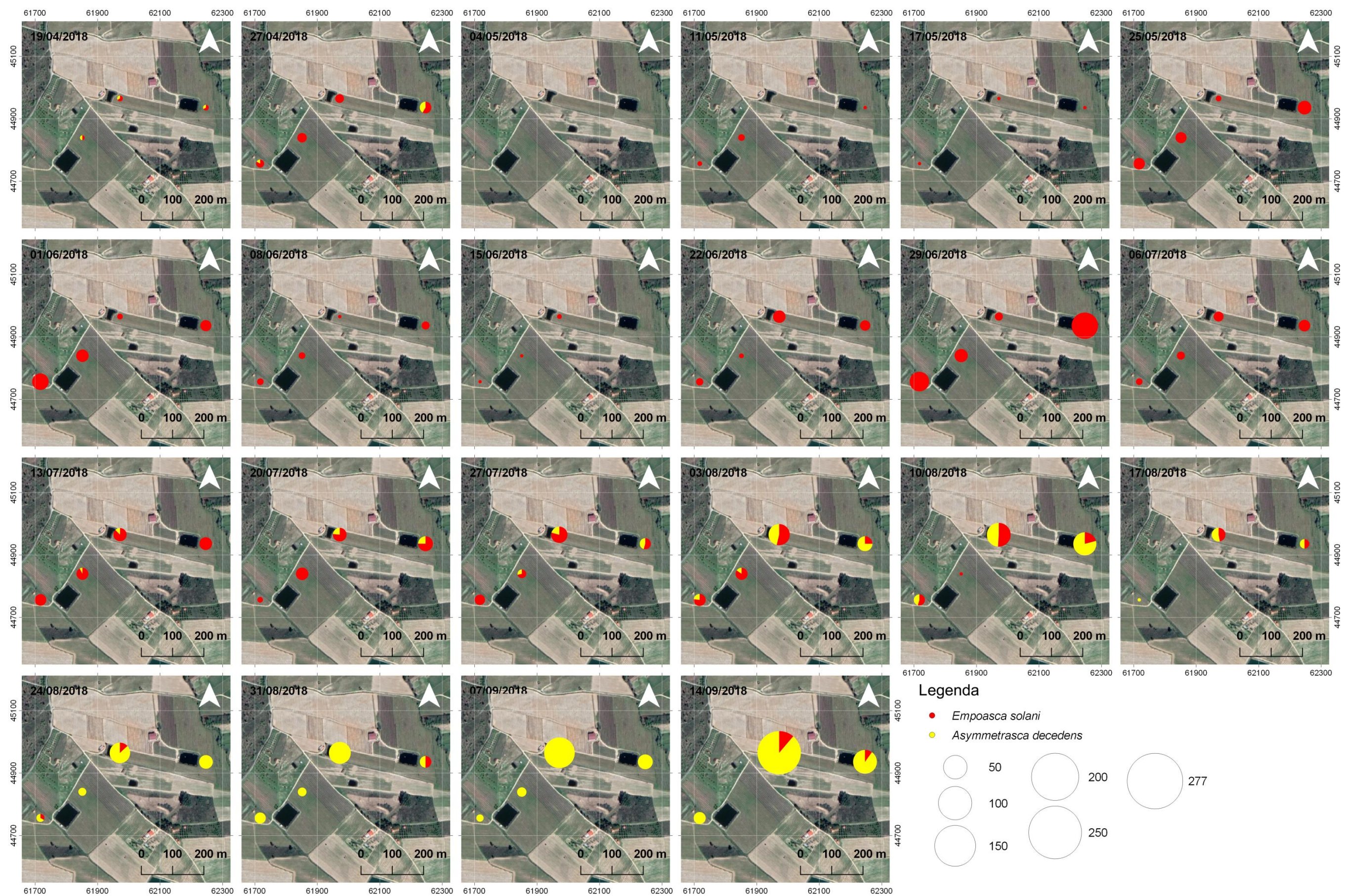
**Figura 3.9** - Correlação entre a população de *Empoasca solani* (Curtis) e temperaturas máxima, média e mínima (A-C), humidade relativa máxima, média e mínima (D-F), radiação média (G), velocidade do vento máxima e mínima (H e I), precipitação total (J), número de horas de frio total (K) e de folha molhada (L) para ambos os pomares, Lourçal do Campo (LC) e Póvoa de Atalaia (PA).





**Figura 3.10** - Distribuição espacial das capturas de *Asymmetrasca decedens* (Paoli) e *Empoasca solani* (Curtis) no pomar Louriçal do Campo ao longo da amostragem.





**Figura 3.11** - Distribuição espacial das capturas de *Asymmetrasca decedens* (Paoli) e *Empoasca solani* (Curtis) no pomar Póvoa de Atalaia ao longo da amostragem.



### 3.4. Medidas de gestão

Para se desenvolver um programa de gestão de *Asymmetrasca decedens*, será necessária mais informação acerca do seu ciclo de vida na região da Cova da Beira, pelo que se propõe mais trabalho de monitorização e uso de insecticidas alternativos que se encontram aprovados para pomares de pessegueiros em Portugal.

Primeiramente, é necessário analisar as questões que ficaram por responder com o presente trabalho e as que surgiram com os resultados obtidos. Uma vez que apenas se procedeu à identificação de *Auchenorrhyncha*, não foi possível caracterizar potenciais inimigos naturais de *A. decedens* presentes nos pomares estudados. Adicionalmente, é de notar que não foram observadas cigarrinhas-verdes adultas com sinais de parasitismo, mas não se exclui a possibilidade de existirem parasitóides de ovos ou ninfas, que são estados do ciclo de vida não capturadas pelo tipo de armadilhas utilizadas na monitorização.

Como referido anteriormente, esta cigarrinha-verde hiberna, refugiando-se em vegetação espontânea e plantas perenes (Alvarado *et al.*, 2004) e, quando as condições climáticas são favoráveis, migra para plantas hospedeiras como pessegueiros e amendoeiras (Alvarado *et al.*, 1994; Jacas *et al.*, 1997). Uma vez que não foi realizada amostragem na envolvente dos pomares, desconhece-se a ocorrência e abundância de *A. decedens* nesses locais. Contudo, existem alguns relatos da ocorrência de *A. decedens* na envolvente de culturas afectadas por esta cigarrinha: Başpinar *et al.* (2013) observaram a ocorrência de *A. decedens* na periferia de pomares de romãzeiras na Turquia e Coutinho *et al.* (2015) mencionam a presença desta cigarrinha em amieiro comum na envolvente de pomares de prunóideas. A amostragem nas imediações dos pomares estudados poderá ser útil na determinação de zonas de refúgio durante o Inverno e de possíveis rotas de colonização por *A. decedens*, conhecimento certamente útil na definição de medidas de gestão desta cigarrinha.

O voltinismo de *A. decedens* nos pomares da região da Região da Beira Interior não ficou totalmente esclarecido, pois quando se observou a sua maior abundância, a amostragem cessou, por razões alheias à autora, não se sabendo até quando a cigarrinha permanece nos pomares.

Relativamente a plantas hospedeiras, sabe-se que a cigarrinha prefere árvores em formação e tecidos mais jovens (Alvarado *et al.*, 1994; Chaieb *et al.*, 2011). No entanto, não foi possível estabelecer uma relação da presença de *A. decedens* com a idade das árvores, pois as placas foram colocadas em diversas cultivares de diferentes idades. Para analisar a relação da idade/cultivar de pessegueiros com a abundância da cigarrinha-verde, seria necessário colocar armadilhas nas mesmas cultivares e sob as mesmas condições de tratamento, pois algumas destas podem apresentar maior ou menor resistência a ataques por parte da cigarrinha. A presença e densidade de tricomas nas folhas são factores de resistência por parte das plantas ao ataque das cigarrinhas verdes (Empoascini). Poos e Smith (1931) verificaram que eclodem mais ninfas *Empoasca fabae* (Harris) de cultivares de soja e trevo vermelho que não possuem tricomas ou em que a densidade destes é menor. À semelhança, Pillemer e Tingey (1978) observaram que os tricomas nos feijoeiros limitam os danos causados por *E. fabae*, pois reduzem a densidade populacional desta cigarrinha uma vez que a sobrevivência das suas ninfas é menor em cultivares que apresentam uma maior densidade de tricomas. Assim, cultivares de pessegueiro que apresentem mais tricomas nas folhas poderão ser úteis na redução dos níveis de ataque por parte de *A. decedens* tal como acontece com *E. fabae* noutras culturas, entre outros Empoascini.

Tendo em conta estes pontos, uma nova monitorização passaria pela colocação de mais armadilhas cromotrópicas, quer nos pomares quer na envolvente, de modo a conhecer a abundância, distribuição espacial e a preferência por determinados tipos de vegetação de *A. decedens* e seus potenciais inimigos naturais.

No presente trabalho não foi analisada a influência da poda em verde uma vez que este método foi realizado quase no final do período de amostragem e que não existiram replicados nem foram avaliados os danos provocados pelo ataque das cigarrinhas verdes. Assim, sugere-se que numa monitorização futura se utilizem placas suficientes de controlo e experimentais numa única cultivar. Para além disso, havendo mais do que uma espécie de cigarrinha-verde a ocorrer nos pomares, será importante determinar se os sintomas nos pessegueiros estão apenas associados a *A. decedens* ou se *E. solani* também tem algum envolvimento nas lesões observadas nas folhas.

As medidas de gestão de *A. decedens*, actualmente, passam apenas pela utilização de insecticidas. Os produtores aplicaram imidaclopride, um insecticida sistémico que se encontra entre os produtos mais eficazes para controlar diversas pragas de insectos, como afídeos, tripses, cigarrinhas e moscas brancas (Elbert et al., 2008). Os neonicotinóides são absorvidos e distribuídos pelas plantas (Sur e Stork, 2003), para atingir pragas que consomem seiva e tecidos vegetais (Laycock et al., 2012), como *A. decedens* que suga o floema nas folhas (Alvarado et al., 1994), podendo, portanto, este insecticida ser utilizado para controlar a população desta cigarrinha.

Foram testados noutros países e em diferentes culturas alguns insecticidas que podem controlar a população da cigarrinha e que também são permitidos e aplicados em Portugal em pomares de pessegueiros. Destes, destaca-se a azadiractina que inibe as ninfas de se alimentarem e repele os adultos, pois este insecticida é armazenado nos tecidos foliares da planta em quantidades tóxicas (Meisner et al., 1992), a deltametrina e o tau-fluvalinato, piretróides que actuam no sistema nervoso como modulador de canais de sódio (Mendes e Cavaco, 2016).

Mendes e Cavaco (2016) apresentam um guia de produtos fitofarmacêuticos com venda autorizada, entre os quais se encontram as substâncias azadiractina, deltametrina e tau-fluvalinato. Quanto aos piretróides, estes apresentam riscos para com o meio aquático, sendo muito tóxicos para os organismos aquáticos e podendo causar efeitos nefastos a longo prazo no ambiente aquático. O teor de substância activa do tau-fluvalinato consiste em concentrações de 240g/L e os valores de intervalo de segurança variam entre 7 dias para pessegueiros e 90 dias para macieiras e pereiras. Quanto à deltametrina, é comercializada em diferentes concentrações com intervalos de segurança de aplicação de 3 a 60 dias, dependendo da cultura e da marca comercial. Esta substância activa possui diversas advertências de perigo, entre as quais se destacam os pictogramas de toxicidade para com o meio aquático (GHS09) e para com a saúde humana (GHS07; GHS08). Para além da toxicidade para com organismos aquáticos, estes insecticidas, assim como os neonicotinóides, atingem organismos que não são o principal alvo e que, por outro lado, são benéficos para as culturas, como polinizadores. Por exemplo, os neonicotinóides afectam a reprodução, nidificação e crescimento de abelhas como *Bombus* spp. Latreille, levando a uma redução das suas densidades populacionais (Whitehorn et al., 2012).

Segundo Biobest (2012a,b), para além das abelhas, estes insecticidas são tóxicos para diversos insectos que são inimigos naturais de pragas, como *Amblyseius degenerans* (Berlese), *Anthocoris nemoralis* (Fabricius), *Aphidius* spp. (Nees), *Aphidoletes aphidimyza* (Rondani), *Chrysopa carnea* (Stephens), *Dacnusa sibirica* Telenga, *Diglyphus isaea* (Walker), *Encarsia formosa* Gahan, *Feltiella acarisuga* (Vallot), *Macrolophus pygmaeus* (Rambur), *Orius* spp. Wolff, *Phytoseiulus persimilis* Athias-Henriot e *Trichogramma* ssp. Westwood (Tabela 3.5).

**Tabela 3.5** - Insectos benéficos para controlo de pragas e toxicidade das substâncias activas azadiractina, deltametrina, imidaclopride, lambda-ciatrolina e tau-fluvalinato. Adaptado de Biobest (2012a,b).

Praga	Auxiliar	Estado do Auxiliar	Substância activa				
			Azadiractina	Deltametrina	Imidaclopride	Lambda-ciatrolina	Tau-fluvalinato
Predador de tripes	<i>Amblyseius degenerans</i> (Berlese)	Ninfa e adulto	■	■	■	■	■
Predador de afídeos e ácaros	<i>Anthocoris nemoralis</i> (Fabricius)	Ninfa e Adulto	■	■	■	■	■
Parasitóide de afídeos	<i>Aphidius</i> spp. (Nees)	Larva					■
		Adulto	■	■	■	■	■
Larvas predam afídeos	<i>Aphidoletes aphidimyza</i> (Rondani)	Larva e Adulto	■	■	■	■	■
Larvas predam afídeos, tripes, cochonilhas	<i>Chrysopa carnea</i> (Stephens)	Larva				■	■
		Adulto	■	■	■	■	
Parasitóide de larvas mineiras das folhas	<i>Dacnusa sibirica</i> Telenga	Larva					■
		Adulto	■	■	■	■	■
Parasitóide de larvas mineiras das folhas	<i>Diglyphus isaea</i> (Walker)	Larva					■
		Adulto	■	■	■	■	■
Parasitóide de moscas brancas	<i>Encarsia formosa</i> Gahan	Larva	■		■	■	■
		Adulto	■	■	■	■	■
Predador de ácaros	<i>Feltiella acarisuga</i> (Vallot)	Larva e Adulto	■	■	■	■	■
Predador de moscas brancas, ácaros e afídeos	<i>Macrolophus pygmaeus</i> (Rambur)	Ninfa e Adulto	■	■	■	■	■
Predador de tripes, afídeos e moscas brancas	<i>Orius</i> spp. Wolff	Ninfa	■				
		Adulto	■	■	■	■	■
Predador de ácaros	<i>Phytoseiulus persimilis</i> Athias-Henriot	Ninfa e adulto	■	■	■	■	■
Parasitóides de ovos de lepidópteros	<i>Trichogramma</i> ssp. Westwood	Larva e Adulto	?	■	■	■	■

■ Tóxico (>75% mortalidade); ■ Moderadamente tóxico (50-75% mortalidade); ■ Ligeiramente tóxico (25-50% mortalidade); ■ Não tóxico (<25% mortalidade)

Em comparação com deltametrina, imidaclopride, lambda-ciatrolina e tau-fluvalinato, azadiractina é a substância activa que acarreta menos riscos para com os auxiliares presentes nas culturas (Tabela 3.5). De entre estas substâncias, azadiractina também é a que apresenta uma menor persistência e menos riscos para as abelhas e outros insectos benéficos para distintas culturas (Biobest, 2012b). No entanto, este insecticida acarreta riscos para com os organismos do meio aquático devido à sua toxicidade, podendo causar efeitos nefastos a longo prazo (Mendes e Cavaco, 2016). Assim, sugere-se que os produtores testem a eficácia de azadiractina no controlo de *A. decedens* nos pessegueiros, devendo a sua aplicação ser feita com um teor de substância activa de 32g/L nas folhas das cultivares com um intervalo de segurança de 3 dias (Mendes e Cavaco, 2016). Esta estratégia de combate deve ser mais direccionada para as ninfas (Alvarado *et al.*, 1994; Torres *et al.*, 1998; Grassi *et al.*, 2008), neste caso, no início do Verão, pois no final de Julho começam a surgir os adultos. No entanto, serão necessários testes e monitorizações para verificar a eficácia deste insecticida.

Neste sentido, será também necessário sensibilizar os produtores para a importância de instalar armadilhas precocemente de modo a monitorizar e determinar a data de aparecimento de *A. decedens* nos pomares, seguindo uma abordagem mais preventiva do controlo da praga.

O facto de se ter encontrado três espécies de potenciais vectores de *Xylella fastidiosa*, apesar da abundância quase negligenciável, *Philaenus spumarius* (3 exemplares na Póvoa de Atalaia e 2 em Louriçal do Campo), *Cercopis intermedia* (1 exemplar em Louriçal do Campo) e *Cicadella viridis* (1 exemplar em Louriçal do Campo), revelou a necessidade de monitorização destes insectos.

De um modo geral, os sintomas de doença por *X. fastidiosa* assemelham-se muito e podem facilmente ser confundidos com stress hídrico e carências nutricionais nas plantas (Hopkins e Purcell, 2002). Isto deve-se ao bloqueio dos vasos xilémicos, responsáveis pelo transporte de água e nutrientes nas plantas, por parte da bactéria que coloniza e se multiplica neste tecido vascular, produzindo biofilme (Daugherty *et al.*, 2010).

No pessegueiro, os sintomas de infecção sistémica por *X. fastidiosa* compreendem: árvores anãs (devido ao encurtamento dos entrenós e do crescimento apical); antecipação da floração e da maturação dos frutos; produção de frutos de tamanho reduzido; e diminuição da produção de frutos (ou ausência total de produção de frutos, quando a infecção ocorre antes de a planta atingir a maturidade) (Esau, 1948; Wells *et al.*, 1981).

Não existindo cura, grande parte das medidas de gestão das doenças provocadas por *X. fastidiosa*, em áreas infectadas, passa pelo uso de plantas resistentes e controlo dos vectores (Overall e Rebek, 2017), sendo, portanto, o conhecimento das espécies presentes, da sua ecologia e dinâmicas populacionais no tempo e no espaço essenciais para uma gestão desta bactéria.

De referir a captura de *Sophonia orientalis* (Matsumura), que constituiu o primeiro registo em Portugal Continental (Neto *et al.*, submetido). Na Europa, esta espécie foi relatada nos Arquipélagos da Madeira e das Canárias (Aguin-Pombo *et al.*, 2007), bem como no sul de Espanha e em Gilbratar (Wilson *et al.*, 2011). É uma espécie polífaga com mais de 300 hospedeiros conhecidos, sendo também invasora no Hawaii, onde provoca graves danos em múltiplas espécies agrícolas e endémicas através da alimentação e oviposição (Jones *et al.*, 1998, 2000). Os estragos provocados pela alimentação são o típico *hopperburn*, sugerindo um mecanismo de alimentação muito semelhante ao das cigarrinhas-verdes. Contudo, as suas características morfológicas e a sua posição taxonómica próxima dos Cicadellinae (Dietrich, 2004), sugerem uma possível especialização na seiva xilémica, o que implica que, eventualmente, *S. orientalis* também pode ser um vector de *X. fastidiosa* mas será necessário estudar o seu modo de alimentação e continuar a monitorizá-la.

## 4. Conclusões

Este estudo demonstrou uma elevada diversidade da comunidade de Auchenorrhyncha nos pomares da Cova da Beira com 33 espécies identificadas, entre as quais se encontram potenciais vectores de *Xylella fastidiosa* (*Cercopis intermedia*, *Philaenus spumarius* e *Cicadella viridis*) e fitoplasmas (*Aphrodes makarovi*, *Empoasca decipiens*, *Errastunus ocellaris*, *Euscelidius variegatus*, *Hyalesthes obsoletus*, *Laodelphax striatella*, *Neoaliturus fenestratus*). Contudo, de acordo com os estimadores de riqueza utilizados, o valor real de riqueza específica poderá ultrapassar as 26 espécies para Louriçal do Campo e 43 para Póvoa de Atalaia. Foram ainda identificadas as espécies *Phlepsius intricatus* e *Sophonia orientalis* (esta é a primeira referência em Portugal Continental), não se sabendo a que data e pomar estão associadas. Dos 4783 indivíduos, 3198 foram capturados no pomar Louriçal do Campo, identificando-se apenas 23 espécies, enquanto Póvoa de Atalaia apresentou uma maior diversidade com 30 espécies identificadas. Cicadellidae foi a família mais diversa e abundante, albergando 27 espécies e 4733 indivíduos. As espécies mais frequentes e dominantes foram *Asymmetrasca decedens* e *Empoasca solani*, existindo uma dominância por parte de *A. decedens* em Louriçal do Campo, enquanto em Póvoa de Atalaia estas espécies são co-dominantes e *E. solani* apresentou-se como mais constante.

Para a comunidade de Auchenorrhyncha verificaram-se máximos pronunciados e mínimos quase nulos ao longo do tempo, surgindo 3 picos máximos correspondentes às datas 27 de Abril, 29 de Junho e 14 de Setembro de 2018. Estes máximos populacionais foram mais evidentes para o pomar Louriçal do Campo do que Póvoa de Atalaia. Nas semanas seguintes aos máximos de 27 de Abril e 29 de Junho existiu um decréscimo populacional de Auchenorrhyncha, o que pode ter sido influenciado pelo uso de insecticidas como imidaclopride e lambda-ciatrolina, manipulação de máquinas nos pomares, factores meteorológicos nessas datas e o movimento dos insectos entre os diversos pomares e a envolvente.

*Empoasca solani* ocorreu ao longo de todo o período de amostragem, existindo maiores capturas no pomar Louriçal do Campo do que em Póvoa de Atalaia e com máximos correspondentes às datas 27 de Abril e 29 de Junho. Após a aplicação de imidaclopride e a segunda aplicação de lambda-ciatrolina, a quantidade de indivíduos diminuiu de forma abrupta. Posteriormente ao máximo populacional de 29 de Junho, a abundância de *E. solani* diminuiu e manteve-se em níveis baixos até final da amostragem, surgindo em Agosto com maior expressão *Asymmetrasca decedens*. Esta cigarrinha teve o seu máximo populacional no final da amostragem, 14 de Setembro, pelo que não se sabe quando desaparece dos pomares e/ou se existiriam mais flutuações populacionais. Enquanto os resultados sugeriram que *E. solani* depende da precipitação que ocorre nas semanas anteriores ao seu aparecimento abundante, para *A. decedens* sugeriram uma influência por parte da temperatura, aumentando a sua população com a subida desta.

Muitas questões ficaram por responder no presente trabalho, nomeadamente os potenciais inimigos naturais de *A. decedens*; a ocorrência e abundância desta cigarrinha na envolvente dos pomares; o voltinismo do seu ciclo de vida; a relação entre idade/cultivar e a presença da cigarrinha nos pessegueiros; a influência da poda em verde; e a avaliação de danos provocados por cigarrinhas verdes. No entanto espera-se, que este estudo, tenha contribuído para um melhor conhecimento da comunidade de Auchenorrhyncha existente nos pomares da Cova da Beira, especialmente em relação às cigarrinhas verdes *Empoasca solani* e *Asymmetrasca decedens*, e para um programa de gestão de *A. decedens*. Do mesmo modo, a percepção da presença de vectores potenciais de *Xylella fastidiosa* nos pomares de pessegueiros da região contribuiu para alertar para a necessidade de estudos futuros mais alargados que monitorizem as espécies encontradas em números vestigiais.

Um programa de gestão mais eficaz das pragas-chave dos pessegueiros passará pela utilização de um maior número de armadilhas cromotrópicas de modo a identificar potenciais inimigos naturais; analisar a influência da poda em verde e da idade/cultivar dos pessegueiros; pelo estudo da abundância e distribuição espacial de *A. decedens* na envolvente dos pomares, bem como os seus hospedeiros preferenciais. Adicionalmente, seria recomendável uma análise aos danos observados nos pessegueiros de modo a perceber se as lesões são apenas causadas por *A. decedens* ou se *E. solani* também tem influência.

Actualmente, tendo em conta que não são conhecidos os inimigos naturais de *A. decedens*, apenas é possível definir um programa de gestão desta cigarrinha-verde com recurso a insecticidas. Os produtores aplicam imidaclopride que pode controlar a população desta cigarrinha, no entanto, afecta potenciais inimigos naturais de *A. decedens*, bem como insectos benéficos. Assim, aconselha-se que os produtores testem a eficácia de azadiractina, um insecticida que inibe as ninfas de se alimentarem e repele os adultos, e sigam uma abordagem mas preventiva do controlo da praga, nomeadamente, com colocação precoce de armadilhas.

## 5. Referências bibliográficas

- Abou-Jawdah, Y., Abdel Sater, A., Jawhari, M., Sobh, H., Abdul-Nour, H., Bianco, P.A., Lova, M.M. e Alma, A. (2014). *Asymmetrasca decedens* (Cicadellidae, Typhlocybinae), a natural vector of 'Candidatus Phytoplasma phoenicium'. *Annals of Applied Biology*, 165(3), 395-403.
- Abou-Jawdah, Y., Dakhil, H., El-Mehtar, S. e Lee, I.M. (2003). Almond witches'-broom phytoplasma: a potential threat to almond, peach, and nectarine. *Canadian Journal of Plant Pathology*, 25(1), 28-32.
- Aguin-Pombo, D., Aguiar, A.M.F. e Kuznetsova, V.G. (2007). Bionomics and Taxonomy of Leafhopper *Sophonia orientalis* (Homoptera: Cicadellidae), a Pacific Pest Species in the Macaronesian Archipelagos. *Annals of the Entomological Society of America*, 100(1), 19-26.
- Al-Asady, H. (2002). External morphological study of the leafhopper *Empoasca decedens* Paoli (Homoptera: Cicadellidae) from Iraq. *Bulletin of the Iraq Natural History Museum*, 9, 1-6.
- Alvarado, M., Villalgordo, E., Berlanga, M., González, E., Serrano, A. e De La Rosa, A. (1994). Contribución al conocimiento del mosquito verde (*Empoasca decedens* Paoli) en melocotonero en el valle del Guadalquivir. *Boletín de Sanidad Vegetal Plagas*, 20(3), 771-783.
- Alvarado, M., Berlanga, M., Durán, J.M., Flores, R., González, M.I., Montes, F., Moreba, B., Muñoz, C., Páez, J., Pérez, S., Prats, T., De La Rosa, A., Ruíz, J.A., Serrano, A., Vega, J.M. e Villagordo, E. (2004). Plagas y enfermedades de los frutales de hueso. Consejería de Agricultura y Pesca. Junta de Andalucía.
- Amaro, P. (2003). A Protecção Integrada. Lisboa, ISA/Press.
- Atakan, E. (2009). Damage assessment of the leafhopper complex (*Asymmetrasca decedens* (Paoli) and *Empoasca decipiens* (Paoli) (Homoptera: Cicadellidae) in cotton. *Journal of Pest Science*, 82(3), 227-234.
- Atakan, E. (2011). Development of a sampling strategy for the leafhopper complex [*Asymmetrasca decedens* (Paoli) and *Empoasca decipiens* Paoli] (Homoptera: Cicadellidae) in cotton. *Journal of Pest Science*, 84(2), 143-152.
- Başpınar, H. (1994). Some observations on dominant structure and population changes of *Asymmetrasca decedens* (Paoli) and *Empoasca decipiens* Paoli (Hom., Cicadellidae) on different crops in Adna. *Turkiye Entomoloji Dergisi*, 18, 71-76.
- Başpınar, H., Uygün, N. e De Mendoza, A. H (2011). Cicadellidae. In Vacante, V. e Gerson, U. (Eds) *Integrated Control of Citrus pests in the Mediterranean Region*. Bentham E Books, pp. 119-125.
- Başpınar, H., Yildirim E.M. e Xing, J. (2013). Determination and population fluctuation of (Homoptera: Cicadomorpha) species in pomegranate orchards in Aydin Province, Turkey. *Turkiye Entomoloji Dergisi*, 37, 3-11.
- Bertin, S., Picciau, L., Ács, Z., Alma, A., e Bosco, D. (2010). Molecular identification of the *Hyalesthes* species (Homoptera: Cixiidae) occurring in vineyard agroecosystems. *Annals of Applied Biology*, 157(3), 435-445.



Biedermann, R. e Niedringhaus, R. (2009). The Plant- and Leafhoppers of Germany: Identification key to all species. Germany: WABV

Biobest (2012a). *Biological Pest Control*. Disponível em <https://www.biobestgroup.com/en/biobest/products/biological-pest-control-4463/> [acedido a 15 de Abril de 2020]

Biobest (2012b). *Side Effect Manual*. Disponível em <https://www.biobestgroup.com/en/side-effect-manual> [acedido a 15 de Abril de 2020]

Bluemel, J., Derlink, M., Pavlovčič, P., Russo, I., King, R., Corbett, E., Sherrard-Smith, E., Blejec, A., Wilson, M., Stewart, A., Symondson, W. e Virant-Doberlet, M. (2014). Integrating vibrational signals, mitochondrial DNA and morphology for species determination in the genus *Aphrodes* (Hemiptera: Cicadellidae). *Systematic Entomology*, 39(2), 304-324.

Bodino, N., Cavalieri, V., Dongiovanni, C., Altamura, G., Saladini, M.A., Saponari, M. e Bosco, D. (2019). *Transmission characteristics of Xylella fastidiosa subsp. pauca (ST53) by Philaenus spumarius and Cicadella viridis* [Apresentação de PowerPoint]. Second Conference on *Xylella fastidiosa*, 29 a 30 Outubro de 2019, Ajaccio, France.

Boller, E.F., Avilla, J., Joerg, E., Malavolta, C., Wijnands, F.G. e Esbjerg, P. (2004). Integrated Production: Principles and Technical Guidelines. *Bulletin OILB/SROP*, 27 (2).

Capinera, J.L. (2008). European Corn Borer, *Ostrinia nubilalis* (Hübner) (Lepidoptera: Crambidae). *Encyclopedia of Entomology*, 1371-1376.

Chaieb, I., Bouhachem-Boukhris, S. e Nusillard, B. (2011). *Asymmetrasca decedens* Paoli and *Zygina flammigera* Fourcroy (Hemiptera: Typhlocybinae), new pest in peach and almond orchards in Tunisia. *Pest Technology*, 5, 71-73.

Cornara, D., Cavalieri, V., Dongiovanni, C., Altamura, G., Palmisano, F., Bosco, D., Porcelli, F., Almeida, R.P.P. e Saponari, M. (2017). Transmission of *Xylella fastidiosa* by naturally infected *Philaenus spumarius* (Hemiptera, Aphrophoridae) to different host plants. *Journal of Applied Entomology*, 141, 80-87.

Cornara, D., Saponari, M., Zeilinger, A.R., de Stradis, A., Boscia, D., Loconsole, G., Bosco, D., Martelli, G.P., Almeida, R.P.P. e Porcelli, F. (2016). Spittlebugs as vectors of *Xylella fastidiosa* in olive orchards in Italy. *Journal of Pest Science*, 90(2), 521-530.

Coutinho, J., Amado, C., Barateiro, A., Quartau, J., e Rebelo, T. (2015). First record of the leafhopper *Asymmetrasca decedens* (Homoptera: Cicadellidae) in mainland Portugal. *Revista de Ciências Agrárias*, 38(2), 213-219.

Dakhil, H.A., Hammad, E.A.F., El-Mohtar, C. e Abou-Jawadah, Y. (2011). Survey of leafhopper species in almond orchards infected with almond witches'-broom phytoplasma in Lebanon. *Journal of Insect Science*, 11(60), 1-12.

Dalival (s.d.). *Planifruit*. Disponível em: <https://www.dalival.com/practical-tools/planifruit/> [acedido a 22 de Novembro de 2019]

Daugherty, M.P., Lopes, J.R. e Almeida, R.P. (2010). Strain-specific alfalfa water stress induced by *Xylella fastidiosa*. *European Journal of Plant Pathology*, 127(3), 333-340.

della Giustina, W. (1989). Homoptères Cicadellidae. III. Compléments aux ouvrages d'Henri Ribaut. *Faune de France*. Paris: Lechevalier; v.73.

DGAV - Direcção Geral de Alimentação e Veterinária (2019a). Ofício Circular Nº2/2019: Primeira detecção de *Xylella fastidiosa* em Portugal. Lisboa, Portugal.

DGAV - Direcção Geral de Alimentação e Veterinária (2019b). Insecticidas e Fungicidas - Culturas. [http://www.dgav.pt/fitofarmaceuticos/guia/finalidades\\_guia/Insec&Fung/Culturas/pessequeiro.htm](http://www.dgav.pt/fitofarmaceuticos/guia/finalidades_guia/Insec&Fung/Culturas/pessequeiro.htm) [acedido a 2 de Agosto de 2019]

Dietrich, C.H. (2004). Phylogeny of the leafhopper subfamily Evacanthinae with a review of Neotropical species and notes on related groups (Hemiptera: Membracoidea: Cicadellinae). *Systematic Entomology*, 29, 455-487.

Dmitriev, D.A. (2003-presente). 3I Interactive Keys and Taxonomic Databases. <http://dmitriev.speciesfile.org/index.asp> [acedido a 22 de Julho de 2019]

Drosopoulos, S., e Remane, R. (2000). Biogeographic studies on the spittlebug *Philaenus signatus* Melichar, 1896 species group (Hemiptera: Aphrophoridae) with the description of two new allopatric species. In *Annales de la Société entomologique de France*. Société entomologique de France; v. 36, no. 3, 269-277.

Dworakowska, I. (1970). On some genera of Empoascini (Cicadellidae, Typhlocybinae). *Bulletin de l'Academie Polonaise des Sciences. (Serie des Sciences Biologiques)*. 18(5), 269-275.

Elbert, A., Haas, M., Springer, B., Thielert, W., e Nauen, R. (2008). Applied aspects of neonicotinoid uses in crop protection. *Pest Management Science: formerly Pesticide Science*, 64(11), 1099-1105.

Esau, K. (1948). Anatomic effects of the viruses of Pierce's disease and phony peach. *Hilgardia*, 18, 423-482.

FAO - Food and Agriculture Organization of the United Nations (2019). Plant health and environmental protection. <http://www.fao.org/3/CA3279EN/ca3279en.pdf> [acedido a 4 de Julho de 2019]

FAOSTAT - Food and Agriculture Organization of the United Nations (2019). <http://www.fao.org/faostat/en/#data> [acedido a 11 de Outubro de 2019]

Félix, A.P. e Cavaco, M. (2008). Manual de protecção fitossanitária para protecção integrada e agricultura biológica de prunóideas. Lisboa, Direcção Geral de Alimentação e Veterinária - DSPFSV, DABSV - 4/08.

Ferreira, D., Santos, C., Gouveia, C., Gavinhos, C., e Simões, M.P. (2017). Qualidade dos pêssegos da região da Beira Interior no ciclo 2015. *Revista de Ciências Agrárias*, 40(SPE), 88-94.

- Forster, B., Van de Ville, D., Berent, J., Sage, D. e Unser, M. (2004). Complex wavelets for extended depth-of-field: a new method for the fusion of multichannel microscopy Images. *Microscopy Research and Technique*, 65, 33-42.
- Freitas, N. e Aguin-Pombo, D. (2004). Is the leafhopper *Asymmetrasca decedens* (Paoli, 1932) invading Madeira Island? *Annales de la Société Entomologique de France*, 40, 103-104.
- Freitas, N., e Aguin-Pombo, D. (2006). Distribution, food plants and control of *Asymmetrasca decedens* (Paoli, 1932) (Hemiptera: Cicadellidae). *Boletim do Museu Municipal do Funchal*, 57(316), 11-27.
- Gagnon, A.È., Bourgeois, G., Bourdages, L., Grenier, P., e Blondlot, A. (2019). Impact of climate change on *Ostrinia nubilalis* (Lepidoptera: Crambidae) phenology and its implications on pest management. *Agricultural and Forest Entomology*, 21, 253-264.
- Genesoylu, I. (2007). A New Species of Ectoparasite, *Erythraeus ankaraicus* Saboori, Cobanoglu and Bayram, on *Asymmetrasca* (= *Empoasca*) *decedens* in Cotton. *Phytoparasitica*, 35(5), 433-435.
- Gotelli, N.J. e Colwell, R.K. (2011). Estimating species richness. In Magurran AE & McGill B. J. (Eds.) *Biological diversity: frontiers in measurement and assessment*. New York, USA: Oxford University Press, 39-54.
- Grassi, A., Maines, R., e Saviane, A. (2008). Efficacy of 3 neonicotinoid insecticides for the control of the green leafhopper *Asymmetrasca* (*Empoasca*) *decedens* Paoli, a new pest on cultivated red raspberry in Trentino, Italy. *IOBC/WPRS*, 39, 107-113.
- Holzinger W.E. (2008). Die Gemeine Blutzikade (*Cercopis vulnerata*) – das Insekt des Jahres 2009 (Hemiptera: Auchenorrhyncha: Cercopidae). *Beitrage zur Entomofaunistik*, 9, 193-203.
- Holzinger, W.E. e Seljak, G. (2001). New records of planthoppers and leafhoppers from Slovenia, with a checklist of hitherto recorded species (Hemiptera: Auchenorrhyncha). *Acta Entomologica Slovenica*, 9(1), 39-66.
- Hopkins, D.L. e Purcell, A.H. (2002). *Xylella fastidiosa*: cause of Pierce's disease of grapevine and other emergent diseases. *Plant Disease*, 86, 1056-1066.
- Hulme, P.E. (2009). Trade, transport and trouble: managing invasive species pathways in an era of globalization. *Journal of applied ecology*, 46, 10-18.
- Hulme, P.E. (2017). Climate change and biological invasions: evidence, expectations, and response options. *Biological Reviews*, 92(3), 1297-1313.
- INE - Instituto Nacional de Estatística (2019a). Estatísticas da produção vegetal 2018. <https://www.ine.pt/> [acedido a 10 de Outubro de 2019]
- INE - Instituto Nacional de Estatística (2019b). Estatísticas agrícolas 2018. <https://www.ine.pt/> [acedido a 10 de Outubro de 2019]
- Jacas, J.A., De Mendoza, A.H., Cambra, M., e Balduque, R. (1997). *Asymmetrasca decedens*: a new pest of almond in Spain. *EPPO Bulletin*, 27(4), 523-524.

- Jones, V.P., Anderson-Wong, P., Follett, P.A., Yang, P., Westcot, D.M., Hu, J.S. e Ullman, D.E. (2000). Feeding damage of the introduced leafhopper *Sophonia rufofascia* (Homoptera: Cicadellidae) to plants in forests and watersheds of the Hawaiian islands. *Environmental Entomology*, 29, 171-180.
- Jones, V.P., Follett, P.A., Messing, R.H., Borth, W.B., Hu, J.S. e Ullman, D.E. (1998). Effect of *Sophonia rufofascia* (Homoptera: Cicadellidae) on guava production in Hawaii. *Journal of Economic Entomology*, 91, 693-698.
- Lamparski, R., Rolbiecki, R., e Piesik, D. (2009). Wpływ nawadniania kropłowego na występowanie owadów w uprawie dwóch odmian dyni zwyczajnej (*Cucurbita pepo* L.). *Infrastruktura i Ekologia Terenów Wiejskich*, 3, 159-166.
- Laycock, I., Lenthall, K.M., Barratt, A.T., e Cresswell, J. E. (2012). Effects of imidacloprid, a neonicotinoid pesticide, on reproduction in worker bumble bees (*Bombus terrestris*). *Ecotoxicology*, 21(7), 1937-1945.
- Le Quesne, W.J. (1965) Hemiptera Cicadomorpha (excl. Deltocephalinae and Typhlocybinae), *Handbooks for the Identification of the British Insects*, 2(a). London: Royal Entomological Society; v.2.
- Marcone, C., Guerra, L.J., e Uyemoto, J.K. (2014). Phytoplasmal diseases of peach and associated phytoplasma taxa. *Journal of Plant Pathology*., 96(1), 15-28.
- Mazzoni, V., Cosci, F., Lucchi, A. e Santini, L. (2001). Occurrence of leafhoppers (Auchenorrhyncha, Cicadellidae) in three vineyards of the Pisa district. *IOBC wprs Bulletin*, 24(7), 267-272.
- Meisner, J., Klein, M., e Ben-Moshe, E. (1992). Effect of Margosan-O on the development of the leafhopper *Asymmetrasca decedens*. *Phytoparasitica*, 20(1), 15-23.
- Mendes, A. e Cavaco, M. (2016). Guia dos produtos fitofarmacêuticos. Lista dos produtos com venda autorizada. Lisboa: Direção-Geral de Alimentação e Veterinária.
- Nectalia (s.d.). *Frutas de hueso*. Disponível em: <https://www.nectalia.es/frutas-de-hueso/> [acedido a 22 de Novembro de 2019]
- Neto, A.C., Mateus, C., de Andrade, E., Barateiro, A., Bigolin, M., Chaves, M., Guerreiro, V., Pereira, F., Soares, C., Tomé, D., Coutinho, J.P., Franco, J.C. e Rebelo, M.T. (submetido). First record of *Sophonia orientalis* in mainland Portugal, an invasive leafhopper and eventual potential vector of *Xylella fastidiosa*. [Manuscrito submetido para publicação ao Journal of Pest Sciences]
- Nickel, H. (2010). First addendum to the Leafhoppers and Planthoppers of Germany. *Cicadina*, 11, 107-122.
- Oksanen, J., Blanchet, F.G., Friendly, M., Kindt, R., Legendre, P., McGlinn, D., Minchin, P.R., O'Hara, R.B., Simpson, G.L., Solymos, P., Stevens, M.H.H., Szoecs, E. e Wagner, H. (2019). *vegan: Community ecology package*. Disponível em: <https://cran.r-project.org/web/packages/vegan/vegan.pdf>
- Overall, L.M. e Rebek, J. (2017). Insect vectors and current management strategies for diseases caused by *Xylella fastidiosa* in the southern United States. *Journal of Integrated Pest Management*, 8, 1-12.

Pastore, M., Raffone, E., Santonastaso, M., Priore, R., Paltriniesi, S., Bertaccini, A. e Simeone, A.M. (2004). Phytoplasma detection in *Empoasca decedens* and *Empoasca* spp. and their possible role as vectors of European Stone Fruit Yellow (16SrX-B) Phytoplasma. *Acta Horticulturae*, 657, 507-511.

Pillemer, E.A. e Tingey, W.M. (1978). Hooked trichomes and resistance of *Phaseolus vulgaris* to *Empoasca fabae* (Harris). *Entomologia Experimentalis et Applicata*, 24(1), 83-94.

Poos, F.W., e Smith, F.F. (1931). A Comparison of Oviposition and Nymphal Development of *Empoasca Fabae* (Harris) on Different Host Plants. *Journal of Economic Entomology*, 24(2), 361-371.

Porter, J.H., Parry, M.L., e Carter, T.R. (1991). The potential effects of climatic change on agricultural insect pests. *Agricultural and Forest Meteorology*, 57, 221-240.

Preibisch, S., Saalfeld, S. e Tomancak, P. (2009). Globally optimal stitching of tiled 3D microscopic image acquisitions. *Bioinformatics*, 25, 1463-1465.

Provedo (s.d.). *Melocotoneros y nectarinas*. Disponível em: <https://www.provedo.com/es/categoria/arboles-frutales/melocoton-nectarina/> [acedido a 22 de Novembro de 2019]

R Core Team (2019). R: A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. <https://www.R-project.org/>

Rebelo, M.T., e Quartau, J.A. (1993). Estudo sobre o complexo de espécies do género *Empoasca* S.L. (Homoptera, Cicadellidae). Infestantes da vinha em Portugal. *Anais da Universidade de Trás-os-Montes e Alto Douro*, 5(1), 387-395.

Redak, R.A., Purcell, A.H., Lopes, J., Blua, M.J., Mizel III, R.F. e Andersen, P.C. (2004). The biology of xylem fluid-feeding insect vectors of *Xylella fastidiosa* and their relation to disease epidemiology. *Annual Review of Entomology*, 49, 243-270.

Ribaut, H. (1936). Homoptères Auchénorhynques. I. (Typhlocybinae). *Faune de France*. Paris: Lechevalier; v.31.

Roques, A. (2010). Alien forest insects in a warmer world and a globalised economy: impacts of changes in trade, tourism and climate on forest biosecurity. *New Zealand Journal of Forestry Science*, 40, S77-S94.

RStudio Team (2018). RStudio: Integrated Development for R. RStudio, Inc., Boston, MA URL <http://www.rstudio.com/>.

Šafářová, D., Lauterer, P., Starý, M., Válová, P., & Navrátil, M. (2018). Insight into epidemiological importance of phytoplasma vectors in vineyards in South Moravia, Czech Republic. *Plant Protection Science*, 54(4), 234-239.

Saponari, M., Loconsole, G., Cornara, D., Yokomi, R.K., De Stradis, A., Boscia, D., Bosco, D., Martelli, G.P., Krugner, R. e Porcelli, F. (2014). Infectivity and transmission of *Xylella fastidiosa* by *Philaenus spumarius* (Hemiptera: Aphrophoridae) in Apulia, Italy. *Journal of economic entomology*, 107(4), 1316-1319.

Severin, H. (1950). Spittle-insect vectors of Pierce's disease virus. II. Life history and virus transmission. *Hilgardia*, 19(11), 357-382.

Simões, M.P. (2016). +pêssego: Inovação e desenvolvimento na cultura do pessegueiro na região da Beira Interior. Castelo Branco, IPCB.

Simões, M.P., Barateiro, A., Ramos, C., Lopes, S., Gomes, P., Simão, P., Ramos, P., Calouro, M.F. e Luz, J.P. (2008). Património edáfico da cultura do pessegueiro na região da Beira Interior. *Revista de Ciências Agrárias*, 31(2), 34-42.

Simões, M.P., Capitia, S., Gueifão, S. e Cadima, R. (2009). Produção e qualidade dos frutos em pessegueiro das cultivares Crimson Lady, Rich Lady e Diamond Princess. *Actas Portuguesas de Horticultura*, 11, 123-130.

Stoned Peach (2018). *Peach varieties*. Disponível em: <https://www.stonedpeach.com/peach-varieties> [acedido a 22 de Novembro de 2019]

Sur, R., e Stork, A. (2003). Uptake, translocation and metabolism of imidacloprid in plants. *Bulletin of insectology*, 56, 35-40.

Torres, J., De Mendoza, H.A., Garrido, A. e Jacas, J. (1998). Population dynamic of almond leafhoppers (Homoptera: Cicadellidae) in Alto Palancia (Prov. Castellon). *Boletín de Sanidad Vegetal Plagas*, 24(2), 279-298.

Torres, J., De Mendoza, H.A. e Jacas, J. (2002). Influencia de la temperatura y el fotoperíodo sobre el desarrollo de *Asymmetrasca decedens* (Paoli) (Homoptera: Cicadellidae). *Boletín de Sanidad Vegetal Plagas*, 28, 263-272.

Tsagkarakis, A.E., Afentoulis, D.G., Matared, M., Thanou, Z.N., Stamatakou, G.D., Kalaitzaki, A.P., Tzobanoglou, D.K., Goumas, D., Trantas, E., Zarboutis, I. e Perdakis, D. C. (2018). Identification and seasonal abundance of Auchenorrhyncha with a focus on potential insect vectors of *Xylella fastidiosa* in olive orchards in three regions of Greece. *Journal of economic entomology*, 111(6), 2536-2545.

Verdin, E., Salar, P., Danet, J.L., Choueiri, E., Jreijiri, F., El Zammar, S., Gélie, B., Bové, J.M. e Garnier, M. (2003). ‘*Candidatus Phytoplasma phoenicium*’ sp. nov., a novel phytoplasma associated with an emerging lethal disease of almond trees in Lebanon and Iran. *International Journal of Systematic and Evolutionary Microbiology*, 53(3), 833-838.

Walker, B.A. e Moore, J.L. (2005). The concepts of bias, precision and accuracy, and their use in testing the performance of species richness estimators, with a literature review of estimator performance. *Ecography*, 28, 815-829.

Waloff, N., e Jervis, M. A. (1987). Communities of parasitoids associated with leafhoppers and planthoppers in Europe. In *Advances in ecological Research*, vol. 17, pp. 281-376. Academic Press.

Walther, G.R., Roques, A., Hulme, P.E., Sykes, M.T., Pyšek, P., Kühn, I., Zobel, M., Bacher, S., Botta-Dukát, Z., Bugmann, H., Czúcz, B., Dauber, J., Hickler, T., Jarošík, V., Kenis, M., Klotz, S., Minchin, D., Moora M., Nentwig, W., Ott, J., Panov, V., Reineking, B., Robinet, C., Semchenko, V., Solarz, W., Thuiller, W., Vilà, M., Vohland, K. e Settele, J. (2009). Alien species in a warmer world: risks and opportunities. *Trends in ecology & evolution*, 24(12), 686-693.

Weintraub, P. G., e Beanland, L. (2006). Insect vectors of phytoplasmas. *Annual Review of Entomology*, 51, 91-111.

Wells, J.M., Raju, B.C., Thompson, J.M. e Lowe, S.K. (1981). Etiology of phony peach and plum leaf scald diseases. *Phytopathology*, 71, 1156-1161.

Wickham, H. (2016). *ggplot2: elegant graphics for data analysis*. New York, USA: Springer-Verlag.

Wilke, C.O. (2019). *cowplot: streamlined plot theme and plot annotations for 'ggplot2'*. Disponível em: <https://cran.r-project.org/web/packages/cowplot/cowplot.pdf>

Wilson, M., Bensusan, K., Perez, C. e Torres, J. L. (2011). First records of the exotic leafhopper *Sophonia orientalis* (Matsumura, 1912) (Hemiptera: Auchenorrhyncha: Cicadellidae) for the Iberian Peninsula and mainland Europe. *Boletín de la Sociedad Entomológica Aragonesa*, 48, 435-436.

Wilson, M., Stewart, A., Biedermann, R., Nickel, H. e Niedringhaus, R. (2015). The planthoppers and leafhoppers of Britain and Ireland: identification keys to all families and genera and all British and Irish species not recorded from Germany. *Cicadina – Supplement*, vol. 2. Scheeßel, Germany: WABV Fründ.

Whitehorn, P.R., O'connor, S., Wackers, F.L., e Goulson, D. (2012). Neonicotinoid pesticide reduces bumble bee colony growth and queen production. *Science*, 336(6079), 351-352.

## Anexo A - Fontes de informação geográfica

**Tabela A. 1** - Dados adquiridos para a realização dos mapas com as suas respectivas fontes e metadados associados.

Dados	Fonte	Metadados
CAOP Continente - Carta Administrativa de Portugal Continental 2018	dgTerritório - <i>www.dgterritorio.pt</i>	Shapefile (shp); Sistema de referência geográfica ETRS89/TM06-PT, Elipsóide de referência GRS80, projecção cartográfica Transversa de Mercator; rigor mínimo associado à escala 1:25000
COS - Carta de Uso e Ocupação do Solo 2015		Shapefile (shp); Sistema de referência geográfica ETRS89/TM06-PT, elipsóide de referência GRS80, projecção cartográfica Transversa de Mercator; unidade mínima cartográfica (UMC) de 1 ha



## Anexo B - Dados meteorológicos e análise de correlação cruzada

**Tabela B. 1** - Dados meteorológicos da estação Póvoa de Atalaia, desde 11 de Abril a 14 de Setembro do ano 2018, agrupados semanalmente.

Data colocação	Data remoção	TMax	TMed	TMin	HRMax	HRMed	HRMin	RadMed	VentoMax	VentoMed	PrecTot	HFrioTot	HFolhTot
11-04	19-04	23,572	10,521	1,420	99,998	81,210	30,079	157,967	6,326	1,288	23	6804,626	63,593
19-04	27-04	32,398	18,154	6,774	99,012	70,075	29,907	184,094	6,385	1,234	9	6969,806	18,971
27-04	04-05	28,249	12,269	1,116	99,998	70,187	29,722	199,607	6,575	1,320	4,600	6230,044	23,296
04-05	11-05	29,76	18,031	7,530	98,894	61,066	29,508	224,431	5,652	1,356	0	6396,979	17,585
11-05	17-05	28,22	16,239	4,199	99,902	56,738	18,936	236,595	5,482	1,700	0	5500,083	8,283
17-05	25-05	31,041	18,070	7,338	99,998	67,246	25,408	210,597	5,757	1,046	20,800	7360,068	48,881
25-05	01-06	24,664	15,944	8,227	99,998	82,086	42,792	152,967	6,608	0,890	34,200	6440,060	58,984
01-06	08-06	29,359	16,282	8,570	99,998	73,375	30,316	189,037	5,141	1,207	3,200	6440,060	21,526
08-06	15-06	30,298	16,795	7,066	99,998	78,681	31,176	169,525	5,298	1,339	10,800	6440,394	50,818
15-06	22-06	37,009	26,495	13,668	92,607	49,570	24,858	233,669	5,482	1,522	0,800	6440,528	1,219
22-06	29-06	38,544	24,588	10,696	99,998	66,732	28,070	215,992	4,787	1,072	17,800	6440,528	24,315
29-06	06-07	32,847	19,960	9,538	99,998	74,010	29,693	159,575	4,427	1,103	4,600	6440,528	39,946
06-07	13-07	37,357	24,949	11,371	99,998	62,052	17,886	214,803	4,283	1,046	30,200	6440,528	11,857
13-07	20-07	36,261	22,539	10,798	99,998	67,313	23,121	234,632	4,827	1,013	0	6440,528	38,276
20-07	27-07	37,069	23,257	10,496	99,998	63,300	22,570	286,253	4,355	1,036	0	6440,528	29,843
27-07	03-08	41,96	24,572	10,011	99,998	57,576	16,286	287,207	4,191	1,037	0	6440,528	20,524
03-08	10-08	44,804	30,813	16,906	77,016	39,727	12,808	248,116	5,475	1,120	0	6440,528	0
10-08	17-08	39,302	26,788	14,160	87,164	41,760	13,982	262,680	4,748	1,490	0	6440,528	0
17-08	24-08	40,257	27,816	15,216	87,060	40,509	19,720	233,961	5,495	1,508	0	6440,528	0,033
24-08	31-08	38,615	26,668	14,392	95,207	43,225	12,669	224,260	5,239	1,158	0	6440,528	1,603
31-08	07-09	39,889	25,557	12,801	99,504	53,814	17,598	192,609	4,296	1,058	0	6440,528	18,921
07-09	14-09	37,766	24,107	11,594	98,820	53,503	22,382	204,152	4,106	0,924	0,400	7360,603	12,508

Variáveis climáticas: TMax – temperatura máxima; TMed – temperatura média; TMin – temperatura mínima; HRMax – humidade relativa máxima; HRMed – humidade relativa média; HRMin – humidade relativa mínima; RadMed – radiação média; VentoMax – velocidade máxima do vento; VentoMed – velocidade média do vento; PrecTot – precipitação total; HFrioTot – número total de horas de frio (temperatura  $\leq 7^{\circ}\text{C}$ ); HFolhTot – número total de horas de folha molhada.

**Tabela B. 2** - Coeficientes de correlação de Pearson entre a abundância média de *Asymmetrasca decedens* (nos pomares Louriçal do Campo, Póvoa de Atalaia e ambos) e as variáveis climáticas estudadas com *lags* entre 0 e 7 semanas anteriores à amostragem. Valores a **negrito** correspondem a correlações significativamente diferentes de 0 ( $p \leq 0.05$ ). Valores marcados a **cinzento** correspondem aos valores das correlações significativas mais fortes dentro de cada variável climática e o respectivo *lag*.

Pomar	Lag	TMax	TMed	TMin	HRMax	HRMed	HRMin	RadMed	VentoMax	VentoMed	PrecTot	HFrioTot	HFolhTot
Louriçal do Campo	-7	0,357	0,345	0,292	0,076	-0,052	-0,209	0,411	<b>-0,511</b>	-0,284	-0,083	-0,240	-0,037
	-6	<b>0,509</b>	0,404	0,294	0,062	-0,170	-0,348	<b>0,626</b>	<b>-0,595</b>	-0,285	-0,329	-0,271	-0,088
	-5	<b>0,680</b>	<b>0,600</b>	<b>0,503</b>	<b>-0,461</b>	-0,417	<b>-0,546</b>	<b>0,601</b>	<b>-0,458</b>	-0,304	-0,256	-0,268	-0,284
	-4	<b>0,633</b>	<b>0,596</b>	<b>0,554</b>	<b>-0,571</b>	<b>-0,529</b>	<b>-0,613</b>	<b>0,556</b>	<b>-0,432</b>	-0,092	-0,263	-0,266	-0,357
	-3	<b>0,619</b>	<b>0,650</b>	<b>0,668</b>	<b>-0,740</b>	<b>-0,661</b>	<b>-0,547</b>	<b>0,470</b>	-0,242	0,112	-0,292	-0,254	<b>-0,478</b>
	-2	<b>0,541</b>	<b>0,575</b>	<b>0,602</b>	<b>-0,453</b>	<b>-0,660</b>	<b>-0,630</b>	<b>0,437</b>	-0,262	0,079	-0,405	-0,239	<b>-0,478</b>
	-1	<b>0,523</b>	<b>0,511</b>	<b>0,513</b>	-0,319	<b>-0,558</b>	<b>-0,563</b>	0,192	-0,286	-0,039	-0,370	-0,112	-0,333
	0	<b>0,532</b>	<b>0,506</b>	<b>0,482</b>	-0,209	<b>-0,551</b>	<b>-0,497</b>	0,133	-0,417	-0,253	-0,393	-0,215	<b>-0,433</b>
Póvoa de Atalaia	-7	0,282	0,281	0,256	0,050	-0,050	-0,160	<b>0,440</b>	<b>-0,441</b>	-0,236	-0,204	-0,223	0,018
	-6	<b>0,509</b>	0,374	0,241	0,066	-0,173	-0,359	<b>0,621</b>	<b>-0,531</b>	-0,293	-0,193	-0,215	-0,117
	-5	<b>0,623</b>	<b>0,555</b>	<b>0,509</b>	<b>-0,632</b>	-0,416	<b>-0,471</b>	<b>0,420</b>	-0,269	-0,247	-0,304	-0,207	-0,268
	-4	<b>0,517</b>	<b>0,523</b>	<b>0,500</b>	<b>-0,577</b>	<b>-0,533</b>	<b>-0,562</b>	<b>0,484</b>	-0,362	0,099	-0,224	-0,200	-0,415
	-3	<b>0,517</b>	<b>0,538</b>	<b>0,543</b>	<b>-0,579</b>	<b>-0,590</b>	<b>-0,444</b>	0,369	-0,168	0,230	-0,284	-0,192	<b>-0,430</b>
	-2	<b>0,442</b>	<b>0,501</b>	<b>0,532</b>	-0,375	<b>-0,587</b>	<b>-0,555</b>	0,302	-0,144	0,001	-0,333	-0,184	<b>-0,427</b>
	-1	<b>0,452</b>	0,417	0,402	-0,077	-0,424	<b>-0,485</b>	0,133	-0,389	-0,137	-0,323	-0,162	-0,264
	0	0,419	0,390	0,373	-0,154	-0,421	-0,346	0,054	-0,417	-0,319	-0,317	-0,162	-0,309
Ambos	-7	0,337	0,328	0,282	0,069	-0,052	-0,196	<b>0,434</b>	<b>-0,496</b>	-0,273	-0,128	-0,236	-0,019
	-6	<b>0,518</b>	0,399	0,278	0,064	-0,175	-0,359	<b>0,636</b>	<b>-0,582</b>	-0,292	-0,290	-0,255	-0,099
	-5	<b>0,673</b>	<b>0,597</b>	<b>0,516</b>	<b>-0,539</b>	<b>-0,429</b>	<b>-0,532</b>	<b>0,547</b>	-0,394	-0,286	-0,276	-0,250	-0,287
	-4	<b>0,600</b>	<b>0,578</b>	<b>0,543</b>	<b>-0,583</b>	<b>-0,540</b>	<b>-0,605</b>	<b>0,539</b>	-0,412	-0,021	-0,255	-0,246	-0,384
	-3	<b>0,591</b>	<b>0,621</b>	<b>0,635</b>	<b>-0,697</b>	<b>-0,648</b>	<b>-0,517</b>	<b>0,439</b>	-0,216	0,159	-0,293	-0,236	<b>-0,469</b>
	-2	<b>0,512</b>	<b>0,556</b>	<b>0,585</b>	<b>-0,427</b>	<b>-0,644</b>	<b>-0,614</b>	0,393	-0,224	0,052	-0,385	-0,223	<b>-0,468</b>
	-1	<b>0,505</b>	<b>0,484</b>	<b>0,480</b>	-0,237	<b>-0,517</b>	<b>-0,541</b>	0,168	-0,327	-0,075	-0,358	-0,130	-0,311
	0	<b>0,497</b>	<b>0,470</b>	<b>0,448</b>	-0,188	<b>-0,511</b>	<b>-0,448</b>	0,105	-0,425	-0,282	-0,371	-0,200	-0,395

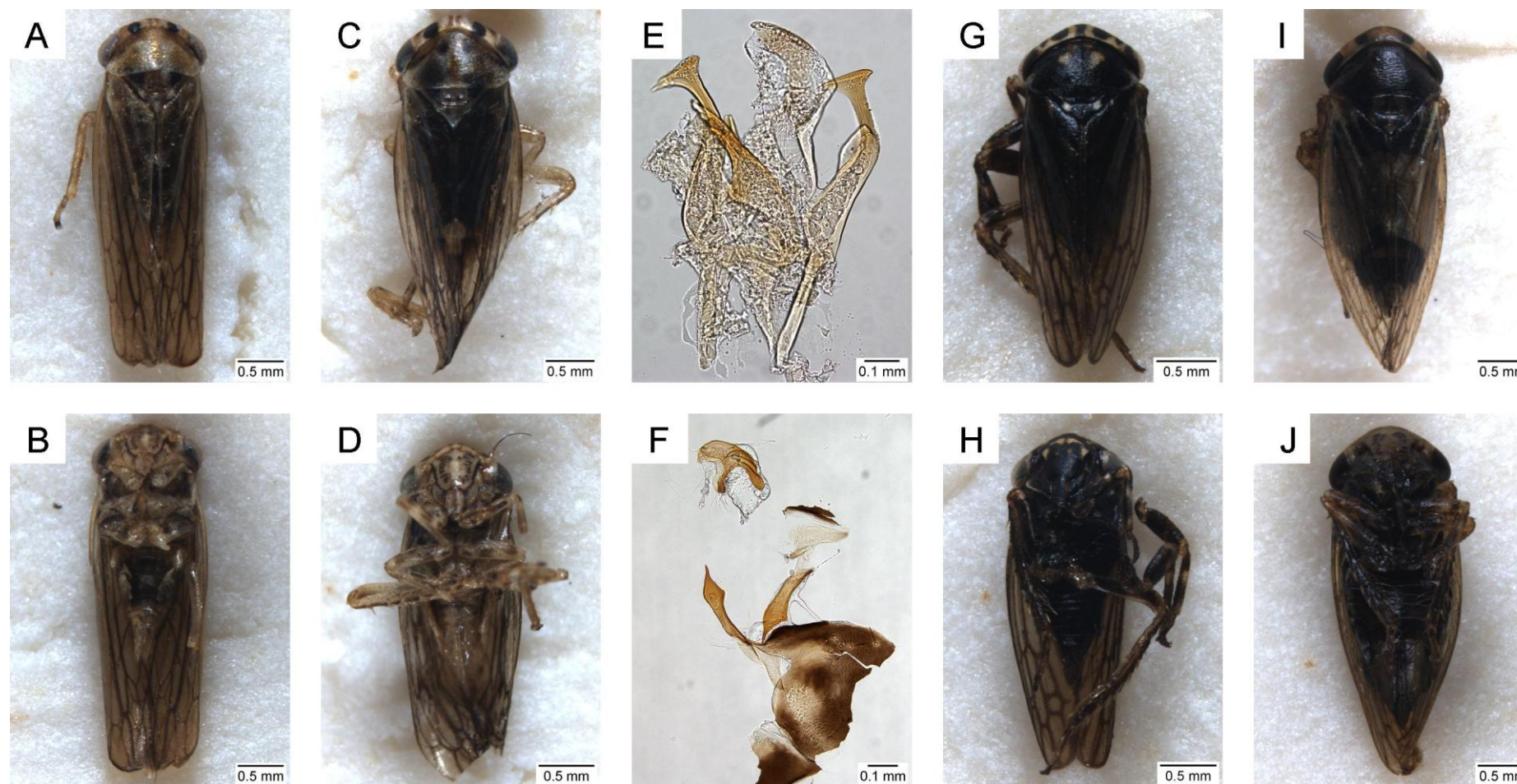
Variáveis climáticas: TMax – temperatura máxima; TMed – temperatura média; TMin – temperatura mínima; HRMax – humidade relativa máxima; HRMed – humidade relativa média; HRMin – humidade relativa mínima; RadMed – radiação média; VentoMax – velocidade máxima do vento; VentoMed – velocidade média do vento; PrecTot – precipitação total; HFrioTot – número total de horas de frio (temperatura  $\leq 7$  °C); HFolhTot – número total de horas de folha molhada.

**Tabela B. 3** - Coeficientes de correlação de Pearson entre a abundância média de *Empoasca solani* (nos pomares Louriçal do Campo, Póvoa de Atalaia e ambos) e as variáveis climáticas estudadas com *lags* entre 0 e 7 semanas anteriores à amostragem. Valores a **negrito** correspondem a correlações significativamente diferentes de 0 ( $p \leq 0.05$ ). Valores marcados a **cinzento** correspondem aos valores das correlações significativas mais fortes dentro de cada variável climática e o respectivo *lag*.

Pomar	Lag	TMax	TMed	TMin	HRMax	HRMed	HRMin	RadMed	VentoMax	VentoMed	PrecTot	HFrioTot	HFolhTot
Louriçal do Campo	-7	-0,149	-0,127	-0,114	-0,034	-0,104	0,110	0,046	0,194	0,264	-0,207	0,047	-0,159
	-6	-0,204	-0,099	-0,117	-0,007	-0,136	-0,044	0,028	0,100	<b>0,469</b>	-0,076	-0,109	-0,176
	-5	-0,208	-0,158	-0,128	0,148	0,093	0,059	-0,160	0,084	0,048	0,209	-0,110	0,203
	-4	-0,303	-0,178	-0,052	0,244	0,380	<b>0,506</b>	<b>-0,447</b>	0,240	-0,416	<b>0,628</b>	-0,158	0,430
	-3	-0,232	-0,185	-0,023	0,237	0,321	0,350	-0,296	-0,022	-0,230	0,104	-0,111	0,129
	-2	-0,062	-0,098	-0,050	0,219	0,283	0,166	-0,120	-0,255	0,016	-0,068	-0,225	0,186
	-1	-0,078	-0,052	-0,094	0,037	0,113	0,094	0,010	-0,016	0,259	0,036	0,214	0,182
	0	0,281	0,275	0,180	-0,067	0,006	0,074	0,125	0,003	-0,128	0,211	-0,218	-0,115
Póvoa de Atalaia	-7	-0,227	-0,157	-0,092	-0,002	-0,032	0,188	0,056	0,205	0,198	-0,109	-0,103	-0,008
	-6	-0,320	-0,233	-0,226	0,031	0,008	0,063	-0,090	0,218	<b>0,450</b>	0,054	0,031	-0,007
	-5	-0,239	-0,205	-0,133	0,037	0,204	0,220	-0,363	0,272	-0,003	0,310	-0,041	0,278
	-4	-0,342	-0,219	-0,092	0,203	0,385	<b>0,602</b>	<b>-0,539</b>	0,325	-0,204	<b>0,529</b>	-0,071	0,302
	-3	-0,184	-0,138	-0,016	0,232	0,216	0,309	-0,247	-0,070	-0,003	-0,028	-0,091	-0,053
	-2	-0,071	-0,064	-0,059	0,341	0,248	0,107	-0,100	-0,332	0,063	-0,062	-0,313	0,172
	-1	0,098	0,147	0,082	0,150	0,017	-0,022	0,150	-0,277	0,045	0,029	-0,139	0,064
	0	0,281	0,285	0,224	0,080	0,133	0,115	0,144	-0,249	<b>-0,535</b>	0,404	-0,325	0,119
Ambos	-7	-0,195	-0,149	-0,112	-0,022	-0,077	0,153	0,047	0,214	0,252	-0,172	-0,016	-0,101
	-6	-0,272	-0,167	-0,173	0,009	-0,077	0,005	-0,029	0,163	<b>0,489</b>	-0,020	-0,051	-0,109
	-5	-0,239	-0,194	-0,144	0,117	0,154	0,140	-0,263	0,172	0,029	0,268	-0,084	0,252
	-4	-0,340	-0,210	-0,077	0,245	0,409	<b>0,582</b>	<b>-0,517</b>	0,294	-0,348	<b>0,622</b>	-0,127	0,401
	-3	-0,227	-0,178	-0,025	0,253	0,297	0,354	-0,292	-0,046	-0,145	0,053	-0,107	0,059
	-2	-0,072	-0,091	-0,060	0,287	0,288	0,154	-0,118	-0,304	0,039	-0,067	-0,276	0,194
	-1	-0,007	0,032	-0,023	0,088	0,078	0,050	0,075	-0,130	0,180	0,037	0,070	0,140
	0	0,295	0,294	0,209	-0,006	0,065	0,097	0,141	-0,106	-0,313	0,312	-0,277	-0,015

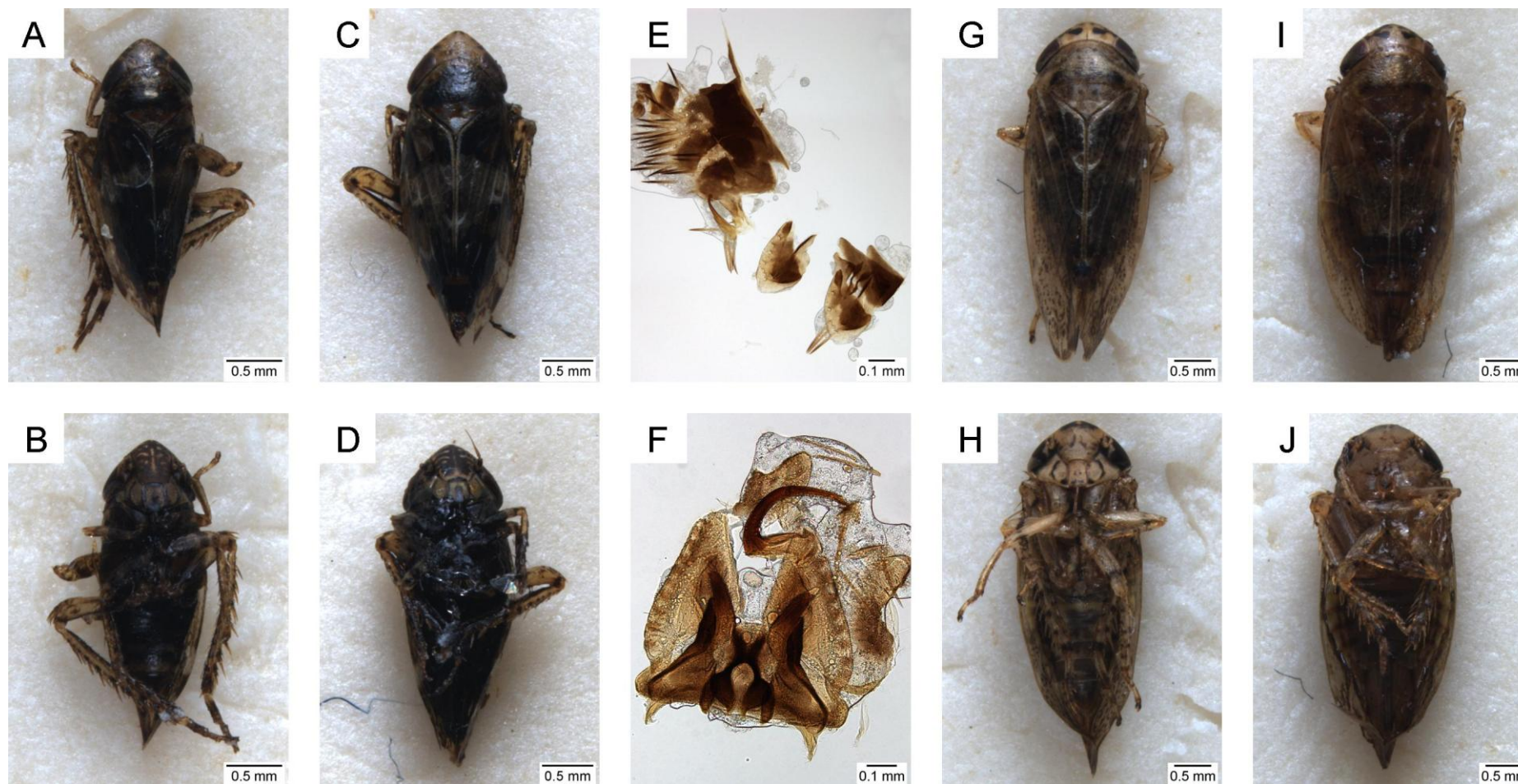
Variáveis climáticas: TMax – temperatura máxima; TMed – temperatura média; TMin – temperatura mínima; HRMax – humidade relativa máxima; HRMed – humidade relativa média; HRMin – humidade relativa mínima; RadMed – radiação média; VentoMax – velocidade máxima do vento; VentoMed – velocidade média do vento; PrecTot – precipitação total; HFrioTot – número total de horas de frio (temperatura  $\leq 7$  °C); HFolhTot – número total de horas de folha molhada.

### Anexo C - Imagens de adultos e da genitália masculina

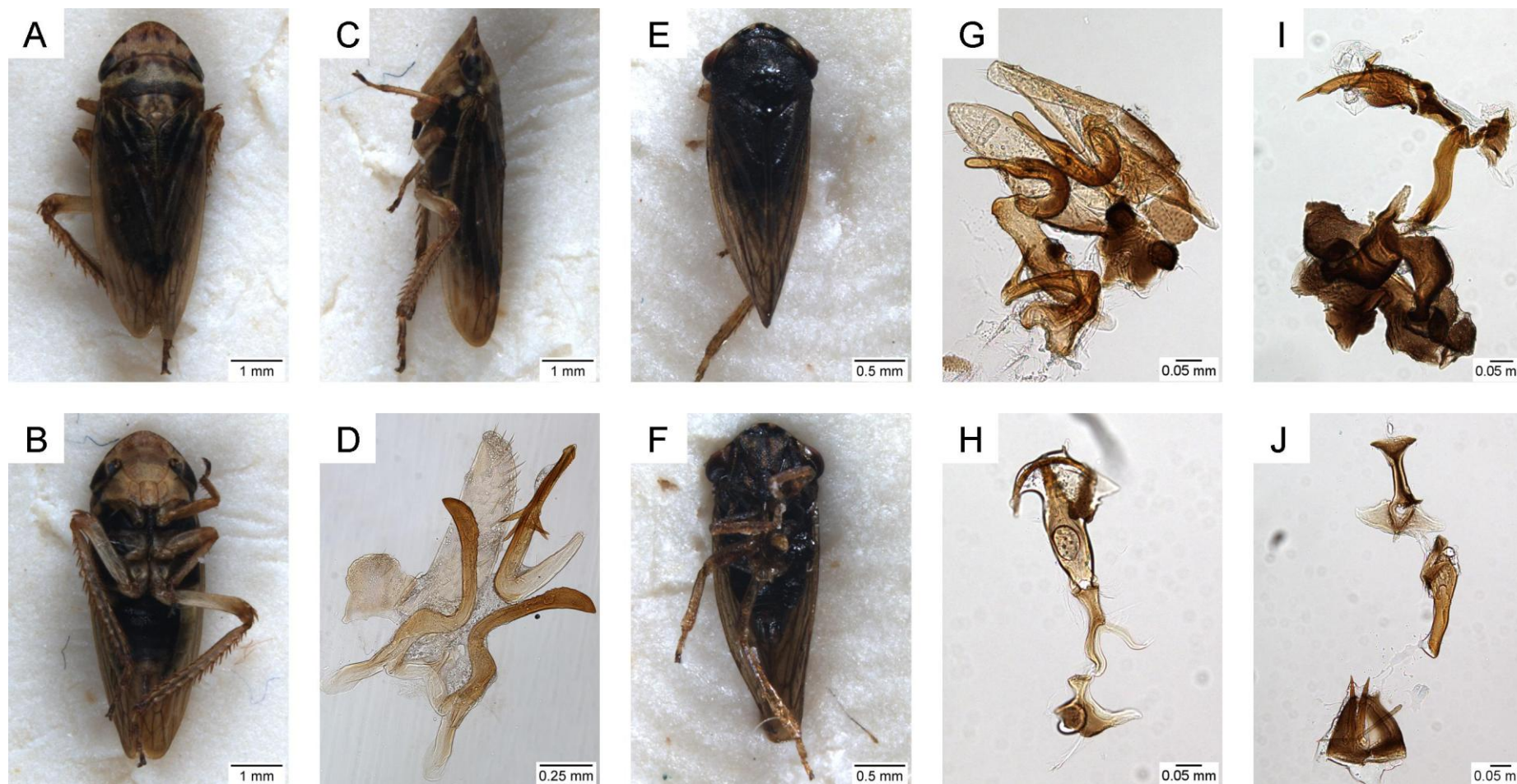


**Figura C. 1** - Adultos de Agallinae com vistas dorsal e ventral: macho (A,B), fêmea (C,D) e genitália (E) de *Agallia consobrina*; macho (G,H), fêmea (I,J) e genitália (F) de *Anaceratagallia laevis*. Originais da autora.



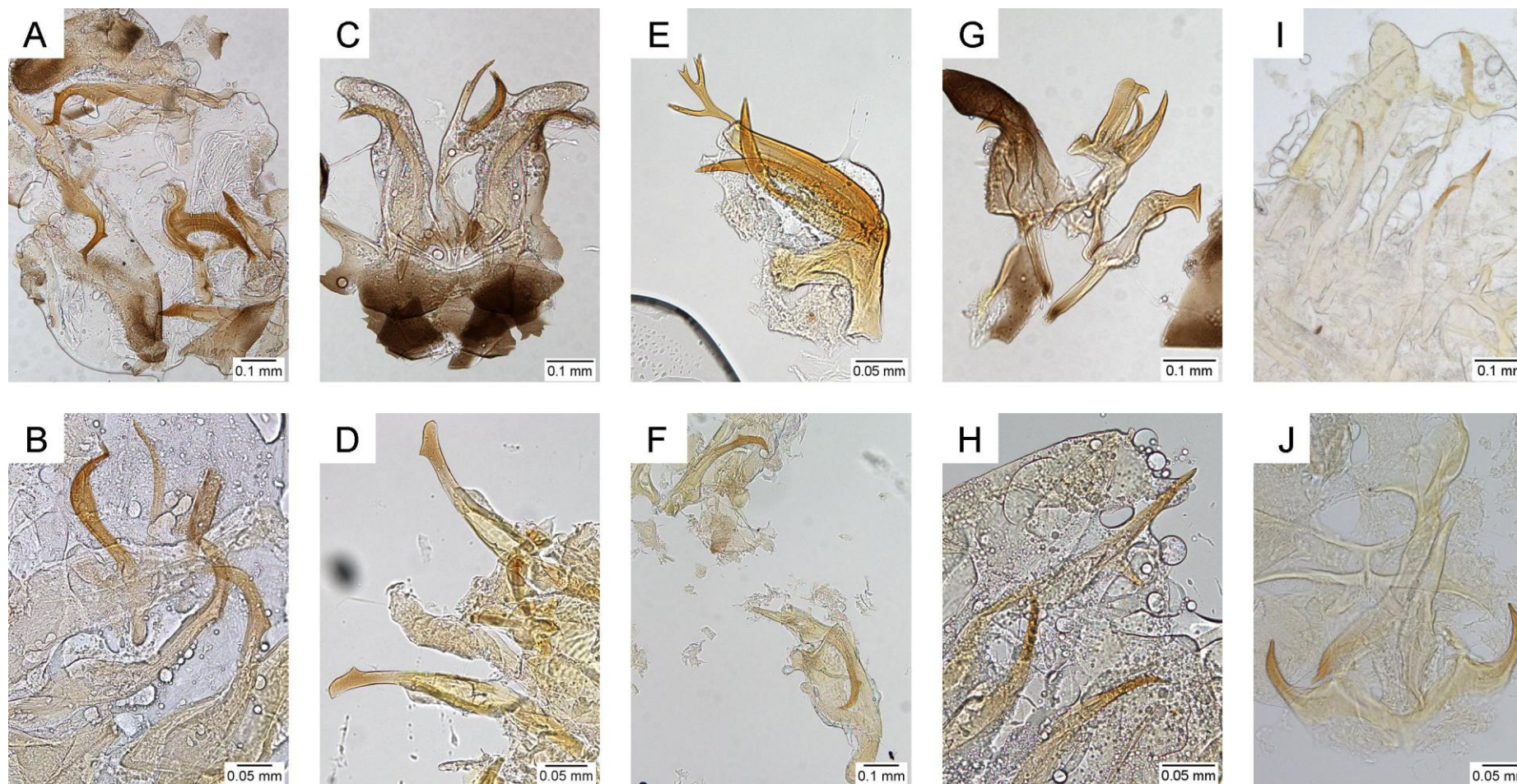


**Figura C. 2** - Adultos de Deltocephalinae com vistas dorsal e ventral: macho (A,B), fêmea (C,D) e genitália (E) de *Sardius argus*; macho (G,H), fêmea (I,J) e genitália (F) de *Euscelidius variegatus*. Originais da autora.



**Figura C. 3** - Macho com vistas dorsal (A), ventral (B) e lateral (C) e respectiva genitália (D) de *Aphrodes makarovi*; Macho com vistas dorsal (E) e ventral (F) e respectiva genitália de *Megophthalmus scrabipennis*; e genitálias de *Neoliturus fenestratus* (H), *Laodelphax striatella* (I) e *Metadelphax propinqua* (J). Originais da autora.





**Figura C. 4** - Genitálias de machos de Typhlocybae: *Arboridia parvula* (A); *Lindbergina aurovittata* (B); *Ribautiana cruciata* (C); *Zygina ordinaria* (D); *Ribautina debilis*, edeago (E) e stylus (F); *Zyginidia scutellaris* (G); *Empoasca solani* (H); e *Empoasca decipiens* (I, J). Originais da autora.

## Anexo D - Abundância de Auchenorrhyncha

**Tabela D. 1** - Abundância, dominância e frequência de indivíduos Auchenorrhyncha colectados nos pomares Lourical do Campo e Póvoa de Atalaia em Castelo Branco. N: Abundância, número de indivíduos capturados; D (%): Dominância, proporção da abundância de uma espécie em relação à abundância de todas as espécies; F (%): Frequência, proporção de datas em que uma espécie foi encontrada.

Sub-ordem	Família	Sub-família	Espécie	Nº	D (%)	F (%)
Cicadomorpha	Aphrophoridae	-	<i>Philaenus spumarius</i> (Linnaeus)	5	0,10	13,64
	Cercopidae	-	<i>Cercopis intermedia</i> Kirschbaum	1	0,02	4,55
	Cicadellidae	Agalliinae	<i>Agallia consobrina</i> Curtis	338	7,07	63,64
			<i>Anaceratagallia laevis</i> (Ribaut)	34	0,71	50,00
		Aphrodinae	<i>Aphrodes makarovi</i> Zachvatkin	43	0,90	22,73
		Cicadellinae	<i>Cicadella viridis</i> (Linnaeus)	1	0,02	4,55
		Deltocephalinae	Deltocephalinae sp. A	1	0,02	4,55
			<i>Errastunus ocellaris</i> (Fallén)	1	0,02	4,55
			<i>Euscelidius variegatus</i> (Kirschbaum)	27	0,56	50,00
			<i>Neoaliturus fenestratus</i> (Herrich-Shäffer)	7	0,15	13,64
			<i>Psammotettix</i> sp.	1	0,02	4,55
			<i>Sardius argus</i> (Marshall)	2	0,04	9,09
			<i>Megophthalmus scrabipennis</i> Edwards	4	0,08	9,09
			<i>Alnetoidia alneti</i> (Dahlbom)	4	0,08	9,09
			<i>Arboridia parvula</i> (Boheman)	4	0,08	13,64
			<i>Asymmetrasca decedens</i> (Paoli)	2615	54,67	81,82
			<i>Empoasca decipiens</i> Paoli	48	1,00	31,82
			<i>Empoasca solani</i> (Curtis)	1319	27,58	90,91
			<i>Fruticidia bisignata</i> (Mulsant & Rey)	2	0,04	9,09
			<i>Hautpidia maroccana</i> (Melichar)	8	0,17	13,64
			<i>Jacobiasca lybica</i> (Bergevin & Zanon)	5	0,10	4,55
			<i>Lindbergina aurovittata</i> (Douglas)	1	0,02	4,55
			<i>Ribautiana cruciata</i> (Ribaut)	2	0,04	4,55
			<i>Ribautiana debilis</i> (Douglas)	1	0,02	4,55
			<i>Ribautiana</i> sp.	1	0,02	4,55
			Typhlocybinae sp. A	1	0,02	4,55
			<i>Zygina lunaris</i> (Mulsant & Rey)	15	0,31	22,73
			<i>Zygina nivea</i> (Mulsant & Rey)	17	0,36	27,27
			<i>Zygina ordinaria</i> (Ribaut)	199	4,16	59,09
			<i>Zyginidia scutellaris</i> (Herrich-Shäffer)	32	0,67	68,18
Fulgoromorpha	Cixiidae	Cixiinae	<i>Hyalesthes obsoletus</i> Signoret	2	0,04	4,55
	Delphacidae	Delphacinae	<i>Laodelphax striatella</i> (Fallén)	21	0,44	54,55
			<i>Metadelphax propinqua</i> (Fieber)	21	0,44	50,00



## Anexo E - Teste de Wilcoxon

**Tabela E. 1** - Teste de Wilcoxon para a abundância média de espécies dominantes e/ou constantes entre os pomares Póvoa de Atalaia e Louriçal do Campo. Diferença PA-LC: Diferença de abundância média das espécies entre Póvoa de Atalaia (PA) e Louriçal do Campo (LC); n: número de pares de amostras com diferença positiva ou negativa da coluna.

Diferença	Ordens negativas			Ordens positivas			Teste Wilcoxon		
PA-LC	n	Média	Soma	n	Média	Soma	Soma das ordens sinalizadas	Z-value	p-value
<i>Agallia consobrina</i>	6,0000	-7,5833	-45,5000	6,0000	5,4167	32,5000	-13,0000	-0,4707	0,6371
<i>Asymmetrasca decedens</i>	18,0000	-9,5000	-171,0000	0,0000	NA	NA	-171,0000	-3,7018	0,0002
<i>Empoasca solani</i>	10,0000	-10,8000	-108,0000	10,0000	10,2000	102,0000	-6,0000	-0,0933	0,9256
<i>Euscelidius variegatus</i>	NA	NA	0,0000	9,0000	5,0000	45,0000	45,0000	2,6063	0,0083
<i>Zygina ordinaria</i>	8,0000	-6,6250	-53,0000	5,0000	7,6000	38,0000	-15,0000	-0,4892	0,6235
<i>Zyginidia scutellaris</i>	4,0000	-7,6250	-30,5000	7,0000	5,0714	35,5000	5,0000	0,1778	0,8549